بسم الله الرحمن الرحیم

شیمی (۱)

شیمی برای زندگی

سال اوّل دبیرستان

۱۳۹۱

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی**

نام کتاب : **شیمی (۱) سال اوّل دبیرستان ـ ۲۰۷/۱**

مؤلفان : **شورای تألیف گروه شیمی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ چاپ و توزیع کتاب‌های درسی**

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار:۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی:۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت: **www.chap.sch.ir**

رسام : **فاطمه رئیسیان فیروزآباد**

صفحه‌آرا : **شهرزاد قنبری**

طراح جلد : **فرشاد رستمی**

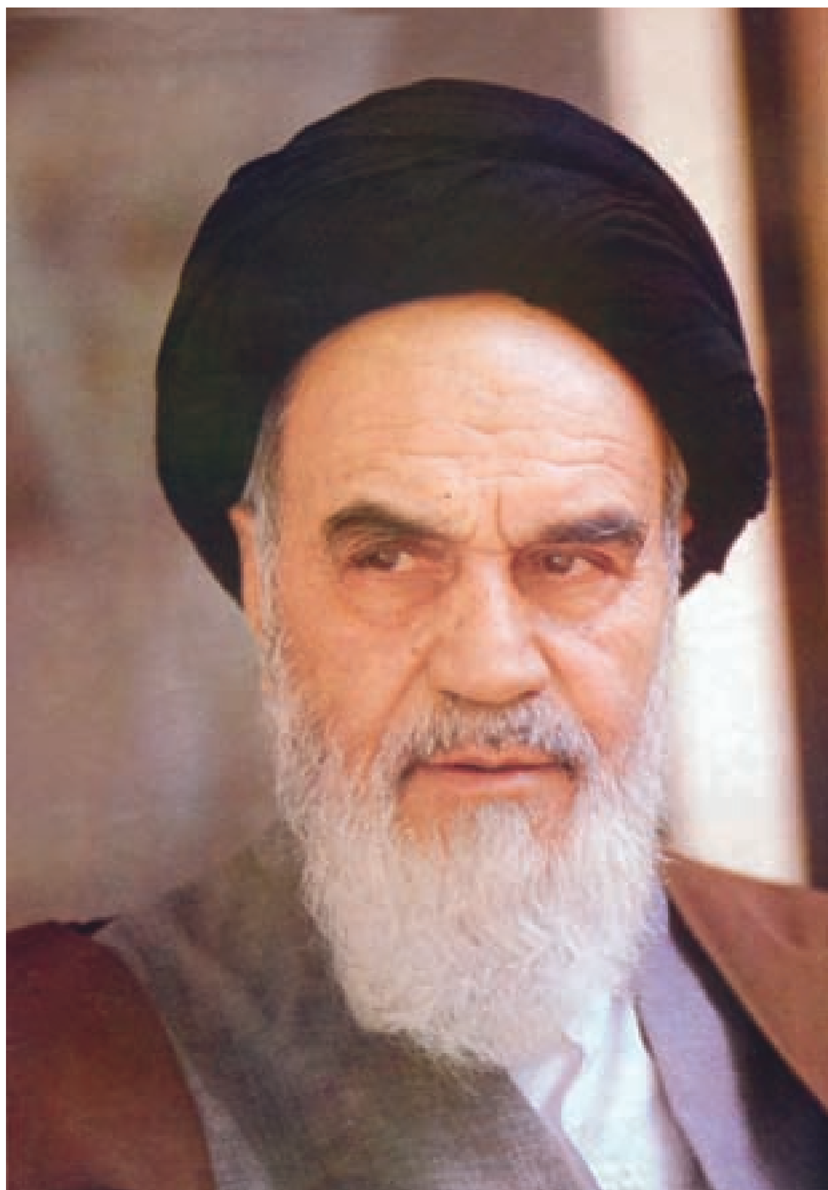
ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادّهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)**

تلفن: ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»**

سال انتشار و نوبت چاپ : **چاپ دوازدهم ۱۳۹۱**

ISBN 964-05-0979-5 شابک ۵-۰۹۷۹-۰۵-۹۶۴



من در این‌جا به جوانان عزیز کشورمان، به این سرمایه‌ها و ذخیره‌های عظیم‌الهی و به این گل‌های معطر و نوشکفته‌ی جهان اسلام سفارش می‌کنم که قدر و قیمت لحظات شیرین زندگی خود را بدانید و خودتان را برای یک مبارزه‌ی علمی و عملی بزرگ تا رسیدن به اهداف عالی انقلاب اسلامی آماده کنید.

امام خمینی (ره)

قدردانی

کتابی که پیش روی شماست نتیجه ی نزدیک به دو سال تلاش شماری از کارشناسان، اساتید دانشگاه و دبیران شیمی کشور است. این کتاب که می‌توان آن را فرآورده‌ی یک برنامه‌ریزی منسجم برای دستیابی به هدف های نظام آموزشی کشور دانست، به‌طور عمده به منظور گسترش سواد علمی ــ فناورانه در میان آینده‌سازان این مرز و بوم طراحی و تولید شده است. امیدواریم نتیجه‌ی این کار گروهی ضمن بهبود کیفی آموزش شیمی در کشور، گامی کوچک برای تربیت شهروندانی آگاه برای جامعه‌ی امروز و فردای ایران اسلامی باشد.

در این راه دوستان بسیاری ما را یاری دادند. از همه ی این عزیزان به ویژهٔ شماری از دبیران علاقه‌مند شیمی که در بازخوانی متن کتاب با ما همراه بودند، قدردانی می‌کنیم. هم چنین از همکاری صمیمانه‌ی شرکت‌ها و سازمان‌هایی که ما را در تأمین تصویرها و داده‌های مورد نیاز برای تألیف هر بخش یاری دادند، سپاسگزاریم.

سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری تهران؛ سازمان حفاظت محیط زیست؛ شرکت ملی صنایع پتروشیمی؛ شرکت بازرگانی پتروشیمی؛ اداره‌ی کل روابط عمومی وزارت نفت؛ شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران و سازمان هواشناسی کل کشور.

شورای مؤلفان

اعضای شورای مؤلفان

بخش ۱	بخش ۲	بخش ۳	بخش ۴
مرتضی خلخالی	**نعمت‌الله ارشدی**	**منصور عابدینی**	**علی سیّدی اصفهانی**

ویراستار علمی و هماهنگ‌کننده‌ی محتوا با برنامه ی درسی

نعمت‌الله ارشدی

دبیران شیمی همکار و مشاور در طراحی، گردآوری و تألیف

خانم ها: مهین جبل‌عاملی، مریم صباغان، مژگان آبی و زهرا ارزانی

آقایان: محمدامین نظامی، سیّد هادی کیایی و بهروز مصیبیان

ویراستاری ادبی و بازنویسی متن

مهدیه سالارکیا

توجه

تدریس مطالب موجود در حاشیه‌ی کتاب الزامی است ولی از آن‌جا که تنها

برای یادآوری برخی از پیش دانسته‌های دانش آموزان

و اشاره به جنبه‌های ارزشی ـ نگرشی آموزش شیمی مطرح شده‌اند، همانند مطالبی که با عنوان

«بیش‌تر بدانید»

در متن کتاب آمده‌اند، نباید در ارزشیابی‌های پایانی مورد پرسش قرار گیرند.

شما می‌توانید ضمن بازدید از پایگاه اینترنتی گروه شیمی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی به آدرس www.dccdc.ir دیدگاه‌های خود را با ما در میان بگذارید.

فهرست



آمپدوکِلس فیلسوف و شاعر یونانی

وی که از بنیانگذاران نظریه‌ی عنصرهای چهارگانه بود حدود دو هزار و پانصد سال پیش با کنجکاوی به تماشای شعله‌های یک چراغ پیه‌سوز نشست و در پی‌یافتن علت ایجاد آتش برآمد.

شیمی

دانشی برای همه‌ی روزگاران

یونانیان باستان براین باور بودند که جهان، تنها از ترکیب چهار عنصر ساخته شده است. آن‌ها، *آب*، *هوا*، *خاک* و *آتش* را عنصرهای سازنده‌ی جهان می‌دانستند. نور خورشید را مخلوطی از هوا و آتش تصور می‌کردند و یخ را همان آب می‌دانستند که سختی سنگ را به دست آورده است. اگر چه، این دیدگاه بسیار عامیانه به نظر می‌رسد، اما آشنایی با آن اثرهایی ژرف بر درک امروزی ما از جهان دارد. یکی از این اثرها، جلب توجه همگان به حالت‌های مختلف ماده است. در واقع، خاک نماینده‌ی حالت جامد، آب نمادی از حالت مایع و هوا یادآور حالت گازی است. به این ترتیب سه عنصر نخست، سه حالت مختلف ماده را یادآور می‌شوند. اثر دیگر، معرفی آتش است. آتش،نماینده‌ی مفهوم انرژی است و یادآور تغییراتی است که انرژی در ماده و حالت‌های آن به‌وجود می‌آورد. به این ترتیب، مفهوم ماده و انرژی را به آسانی می‌توان از دیدگاه پیشینیان، برداشت کرد.

در این کتاب طی چهاربخش، چهار عنصر پیشنهادی یونانیان باستان را با نگاهی امروزی، مورد بررسی قرار می‌دهیم. در بخش نخست، به دنیای واقعی پا می گذاریم و در قالب داستانی شنیدنی با ویژگی‌ها و اهمیت آب در زندگی امروز، آشنا می‌شویم. در بخش دوم، ضمن آشنایی با خواص گازها، پیرامون هوا و آن‌چه طی این سال‌ها بر آن رفته است، به گفت وگو می‌نشینیم. بخش سوم را به مطالعه‌ی منابع ارزشمندی اختصاص داده‌ایم که در این کره‌ی خاکی، به امانت نزد ما گذاشته شده‌اند. اندوخته‌های گران‌بهایی که استفاده‌ی گسترده از فراورده‌های آن‌ها، زندگی امروز ما را جلوه‌ی دیگری بخشیده است.

در آخرین بخش، آتش را که نمادی از انرژی است، بهانه کرده‌ایم تا شما را با دسته‌ی دیگری از مواد شیمیایی آشنا کنیم. موادی که پیش‌تر منبع عمده‌ی تأمین انرژی بوده‌اند و اکنون، ناچاریم از زاویه‌ی دیگری به آن‌ها بنگریم!

در همه‌ی این بخش‌ها، تلاش شده است که شما دانش‌آموز عزیز، شیمی را به عنوان بخش مهمی از زندگی خود درک کنید و در کنار معلم و با همکاری هم‌کلاسی‌های خود به یادگیری آن همت‌گمارید. در پایان این کتاب از شما انتظار داریم که برداشت خود را از شیمی در چند خط بیان کنید و جایگاه آن را در جهان امروز شرح دهید. اما، فراموش نکنید که آموختن مطالب این کتاب تنها در گرو عمل به آن‌هاست.



سوختن پدیده‌ای که مشاهده‌ی آن هنوز پرسش برانگیز و آموزنده است.

بخش ۱

مایعی کم یاب در عین فراوانی

و از آب، هر چیزی را زنده ساختیم.
(قرآن مجید، سوره‌ی ۲۱ آیه‌ی ۳۰)

بیا به من نگاه کن
که آسمان پرستاره‌ام
به من که گاه صاف و گاه
به زیر ابر پاره‌ام.
بیا به من نگاه کن
که آب صاف رودخانه‌ام
همیشه با شتاب می‌روم
پر از صدا، پر از ترانه‌ام.
بیا به من نگاه کن
به من که می‌چکم از
آسمان
به یاد غنچه و جوانه‌ها
به روی خاک می‌شوم
روان.
بیا تو هم پر از ستاره باش
پر از صدا، پر از ترانه باش
ببار مثل من از آسمان
به یاد غنچه و جوانه باش.
افسانه شعبان‌نژاد



این قطره‌ی زیبا و درخشان شبنم که زندگی و سرسبزی را به یادمان می آورد، چون مروارید گرانبهاست.

ما در سیاره‌ای زندگی می کنیم که بیش‌تر سطح آن را اقیانوس‌ها و دریاها پوشانده‌اند، شکل ۱. سیاره‌ی پرآبی که ساکنان آن به برکت وجود آب زنده‌اند و در آن زندگی می کنند. ساکنانی که بدن خود آن‌ها نیز از مقدار زیادی آب تشکیل شده است. آیا می‌دانید که حدود دو سوم جرم بدن شما را آب تشکیل می‌دهد؟ و آبی که در خون شماست کاملاً شبیه آبی است که در اقیانوس‌ها یافت می‌شود؟

وجود مقادیر بسیار زیادی آب در کره‌ی زمین سبب شده است که سیاره‌ی ما در منظومه‌ی خورشیدی تنها سیاره‌ی مناسب برای زندگی باشد. ویژگی‌های آب نیز به گونه‌ای است که وجود آن را برای ادامه ی زندگی موجودات زنده ضروری کرده است. به طوری که،



اگر روزی موفق به کشف زندگی در بیرون از منظومه‌ی خورشیدی شویم، بی‌تردید این زندگی باید روی سیاره‌ی پر آب دیگری مانند زمین به‌وجود آمده باشد.



شکل ۱ سه چهارم سطح کره‌ی زمین با آب پوشیده شده است. از این رو هنگامی که از فضا به زمین نگاه می‌کنیم، عموماً آن را کره‌ای به رنگ آبی می‌بینیم.

ویژگی‌هایی که آب را به یک مایعِ زندگی‌بخش تبدیل کرده است، می‌تواند آن را به ماده‌ای کشنده نیز مبدل سازد. زیرا، بسیاری از مواد شیمیایی در آب حل می‌شوند یا به کمک آب از جایی به جای دیگر انتقال می‌یابند و سرانجام نیز به دریاها و اقیانوس‌ها وارد می‌شوند. خارج کردن این مواد شیمیایی از منابع تأمین کننده‌ی آب، کار خیلی آسانی نیست. بنابراین، نباید اهمیت آب پاک و گوارایی را که در اختیار داریم، دست کم بگیریم. زیرا، می‌توانیم برای چند هفته بدون غذا به زندگی ادامه دهیم، ولی بدون آب تنها برای چند روز زنده خواهیم ماند.

در جهان توسعه یافته‌ی امروز، انسان‌ها روزانه صدها لیتر آب را در خانه‌های خود به مصرف می‌رسانند. بیش‌تر این آب برای شست‌وشو، نظافت و مقدار نسبتاً کمی از آن برای آشامیدن به کار می‌رود. در کشاورزی و صنعت نیز مقادیر بسیار زیادی آب به ویژه برای تهیه و تولید مواد غذایی، دارویی و پوشاک به کار می‌رود. بنابراین، تأمین آب مورد نیاز برای همه‌ی این فعالیت‌ها باید بخش عمده‌ی سیاستگذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان یک کشور توسعه‌یافته یا در حال توسعه‌ای چون میهن اسلامی ما را به خود اختصاص دهد. البته فراموش نکنید که این برنامه‌ریزی‌ها بدون همکاری آگاهانه و مسئولانه‌ی شهروندان یک جامعه به نتیجه نخواهد رسید.

آیا می‌دانید که به عنوان یک شهروند، شما چه نقشی در این برنامه‌ریزی‌ها یا اجرای برنامه‌های پیشنهادی دارید؟ چگونه می‌توانید به بهترین شیوه نقش خود را چه اکنون و چه در آینده ایفا کنید؟ برای این کار به چه دانستنی‌ها و مهارت‌هایی نیازمندید؟

داستانی شنیدنی شما را در یافتن پاسخ این پرسش‌ها یاری خواهد داد. این ماجرا را از زبان یک روزنامه‌ی محلی برای شما بازگو می‌کنیم با پی‌گیری لحظه به لحظه‌ی این ماجرا ما را تا پایان این بخش همراهی کنید. ماجرایی که از یک صبح گرم تابستانی آغاز می‌شود.



رودسار امروز، سال دوم، شماره ۳۹۲، دوشنبه ۲۷ تیر ۱۳۷۹

مشاهده‌ی صدها ماهی مرده در رودخانه‌ی رودسار!

صبح امروز یکی از دانش‌آموزان دبیرستان شهید مطهری رودسار که برای دریافت کارنامه راهی دبیرستان خود بود، به هنگام عبور از کنار رودخانه متوجه اجساد شناور صدها ماهی مرده در آب رودخانه شد. در پی این مشاهده وی به سرعت خود را به دبیرستان رساند و پس از درمیان گذاشتن این موضوع با مدیر دبیرستان به همراه او به محل حادثه بازگشت. مدیر این دبیرستان که یک معلم زیست‌شناسی نیز هست، علت مرگ‌ومیر ماهی‌ها را شیوع یک بیماری کشنده در میان آن‌ها حدس می‌زند، در‌حالی که دانش آموز یاد شده آلوده شدن آب رودخانه با یک ماده‌ی سمی را عامل این کشتار تصور می‌کند. به هر حال آن دو، مشاهده‌ی خود رابی درنگ به آگاهی سرپرست سازمان آب منطقه‌ای رودسار و رییس سازمان حفاظت محیط زیست رساندند و خواستار رسیدگی هرچه سریع تر به این موضوع شدند.



رودسار امروز، سال دوم، شماره ۳۹۳، سه شنبه ۲۸ تیر ۱۳۷۹

آب رودسار سه روز قطع خواهد شد

در پی مشاهده‌ی لاشه‌ی صدها ماهی در رودخانه‌ی رودسار سازمان آب منطقه‌ای و سازمان حفاظت محیط زیست طی اطلاعیه‌ی مشترکی، عصر دیروز اعلام کردند که به منظور یافتن علت مرگ‌ومیر ماهی‌ها و اجرای اقدام‌های پیش‌گیرانه، از ساعت ۲۱ روز دوشنبه ۲۷ تیر ۱۳۷۹ ، به مدت سه روز جریان آب رودخانه به تصفیه‌خانه‌ی شهر به طور موقت قطع خواهد شد. این اطلاعیه می‌افزاید، کارشناسان مجرب این دو سازمان به طور شبانه‌روزی با نمونه‌گیری و اجرای آزمایش‌های متعدد روی نمونه‌هایی از آب رودخانه و اجساد ماهی‌های مرده در پی‌یافتن عامل اصلی بروز این حادثه‌ی تلخ هستند و امیدوارند طی چند روز آینده نتیجه‌ی پژوهش‌های خود را از طریق روزنامه‌ها و صدا و سیمای محلی به آگاهی عموم برسانند.

در این اطلاعیه آمده است که شهروندان رودساری می‌توانند آب مورد نیاز برای این سه روز را حداکثر تا ساعت ۶ بعدازظهر امروز برداشت کنند و ضمن صرفه‌جویی، آب را تنها برای شست و شو به مصرف برسانند و برای خوردن از آب‌های معدنی موجود در بازار استفاده کنند.

هم‌چنین اداره‌ی تربیت بدنی رودسار زمان برگزاری مسابقات محلی ماهی‌گیری را که قرار بود در صبح روز پنج‌شنبه ۳۰ تیرماه در سدّ رودسار به اجرا درآید، یک هفته به عقب انداخت.



رودسار امروز، سال دوم، شماره ۳۹۴، چهارشنبه ۲۹ تیر ۱۳۷۹

خطری متوجه مردم رودسار نیست!

در پی مرگ‌ومیر صدها ماهی در سد رودسار و احتمال آلودگی رودخانه و شرایط سخت ایجاد شده به واسطه‌ی قطع موقت آب، شورای شهر رودسار شب گذشته جلسه‌ای فوق العاده تشکیل داد و به بررسی این موضوع و پی‌آمدهای احتمالی آن پرداخت. در این جلسه علاوه بر مدیران سازمان های آب و حفاظت محیط زیست و چند تن از کارشناسان مجرب این دو سازمان، نماینده‌ی اداره‌ی فرهنگ و ارشاد اسلامی و سرپرست اتاق بازرگانی رودسار نیز حضور داشتند.

در این جلسه یکی از کارشناس های سازمان آب، ضمن تشریح روند نمونه‌گیری ها و آزمایش های اجرا شده، اعلام کرد : آب سدّ فاقد هرگونه ماده‌ی شیمیایی سمی است و فعلاً خطری متوجه مردم شهر نیست. با این حال او افزود که چون علت مرگ و میر ماهی ها هنوز آشکار نشده است، نمی‌توان با اطمینان آب شهر را سالم اعلام کرد. در پایان این جلسه مقرر شد تا در صورت ادامه‌ی قطع آب شهر، آب آشامیدنی سالم به‌وسیله‌ی تانکر از مناطق دوردست و مطمئن به شهر آورده شود و از طریق چند جایگاه ویژه در سراسر شهر در میان مردم توزیع گردد.

شایان گفتن است که در این جلسه نماینده‌ی اداره‌ی فرهنگ و ارشاد اسلامی و سرپرست اتاق بازرگانی رودسار ضمن ابراز نگرانی شدید، به زیان ها و آسیب های ناشی از قطع آب بر صنعت گردشگری و درآمدهای شهر اشاره کردند و تصمیم گیری درباره‌ی قطع آب شهر را خیلی شتاب‌زده و غیر مستند دانستند.

در پایان این نشست یکی از اعضای شورای شهر در مورد شرایط بحرانی ناشی از قطع آب به خبرنگار ما گفت: ما منتظر اعلام نتایج حاصل از پژوهش شیمیدان ها و زیست‌شناس ها روی آب و اجساد ماهی ها هستیم و امیدواریم تا آن زمان همه‌ی نهادها و سازمان های مسئول با همکاری شهرداری درصدد رفع مشکلات شهروندان برآیند.



همان‌طور که از گزارش‌های پی‌درپی این روزنامه ی محلی بر می‌آید، شهر رودسار دست‌کم برای سه روز با بحران بی‌آبی روبه‌رو شده است. بحرانی که می‌تواند مسایل و مشکلات بسیاری را برای شهروندان رودساری به‌وجود آورد. این مشکل چگونه رفع شده است؟ و شیمی و روش های علمی چگونه به حل شدن آن کمک کرده است؟ پرسش‌هایی هستند که بی‌شک برای شما هم پیش آمده‌اند.

در این بخش، هم‌زمان با ارایه‌ی دانستنی‌های بیش‌تری درباره‌ی شیمی آب و آشنایی بیش‌تر با منابع، کاربردها و اهمیت آب در جهان امروز، معمای رودسار را پی‌خواهیم گرفت تا پاسخی قانع کننده برای آن بیابیم. در این راه به پاسخ سه پرسش مهم زیر نیز دست خواهیم یافت:

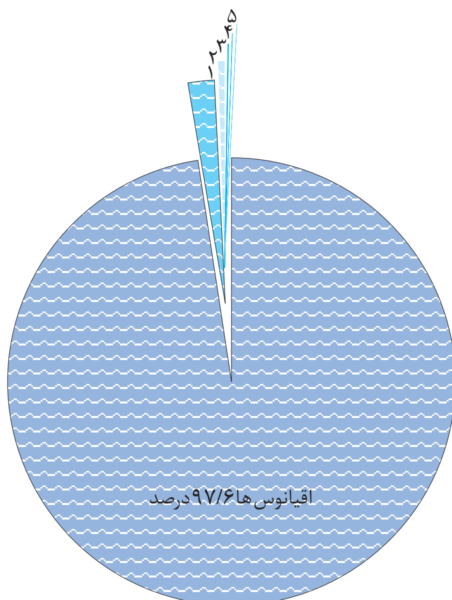
۱ـ آیا همواره می‌توان آب سالم و کافی برای تأمین نیازهای گوناگون زندگی فراهم کرد؟

۲ـ شیمی چگونه می‌تواند اهمیت آب در زندگی فردی و اجتماعی را برای ما آشکار سازد؟

۳ـ به کاربردن روش های علمی چگونه می تواند ما را در حل مسایل و رفع مشکلاتی که در زندگی با آن ها رو به رو می شویم، یاری دهد؟

منابع آب در طبیعت

آب تنها ماده‌ای است که به هر سه حالت جامد (یخ)، مایع (آب) و گاز (بخار آب) در طبیعت یافت می‌شود. نزدیک به ۷۵ درصد از سطح زمین را آب پوشانده است، شکل ۱. بخش عمده‌ی این آب‌ها را آب‌شور دریاها و اقیانوس‌ها تشکیل می‌دهند،شکل ۲. این آب‌شور را نمی‌توان برای نوشیدن یا در بسیاری از فرایندهای صنعتی استفاده کرد. بخش مهم دیگر را یخ‌های قطبی و یخچال‌های طبیعی تشکیل می‌دهند،شکل ۲. اگر چه این دو، منبع مهمی برای تولید آب شیرین به شمار می‌آیند، با این حال سرعت ذوب شدن آن‌ها بسیار آهسته‌تر از آن است که برای تأمین نیازهای انسانی، صنعتی و کشاورزی قابل بهره‌برداری باشند.

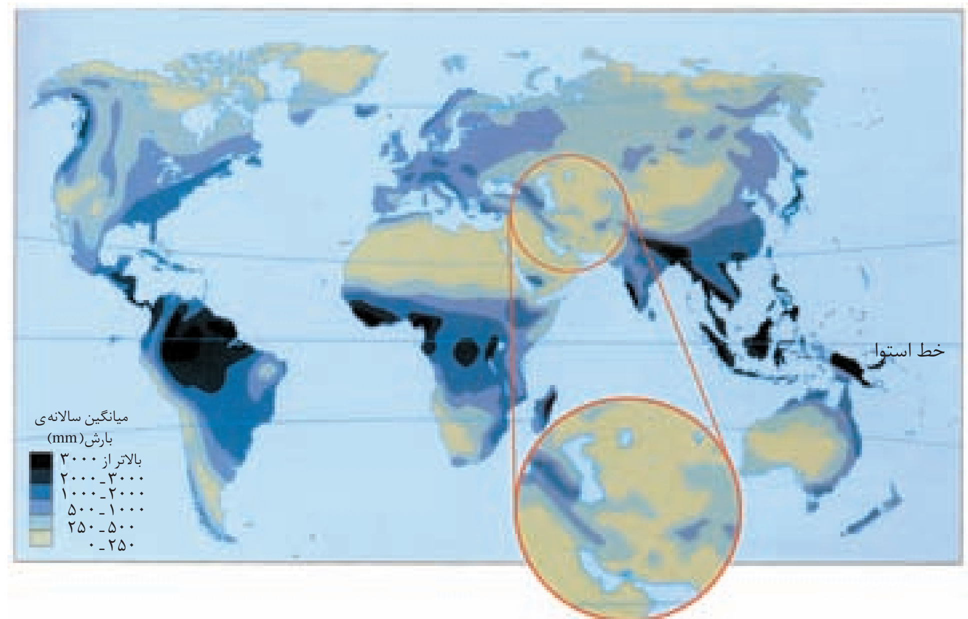


۱ـ یخ‌های قطبی و یخچال‌های طبیعی ۱/۹ درصد
۲ـ آب‌های زیرزمینی ۰/۴۷ درصد
۳ـ رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آبگیرها ۰/۰۲ درصد
۴ـ رطوبت موجود در خاک، کم‌تر از ۰/۰۱ درصد
۵ ـ بخار آب موجود در هوا ۰/۰۰۰۱ درصد

شکل۲ نوع و فراوانی منابع گوناگون آب موجود در کره‌ی زمین

بنابراین، انسان و دیگر موجودات زنده‌ی غیر دریایی برای دستیابی به آب شیرینِ مورد نیاز خود، باید بر سر درصد ناچیز باقی‌مانده (حداکثر ۰/۵ درصد) با یک دیگر به رقابت بپردازند. گفتنی است که این منابع ناچیز نیز به طور یک‌نواخت، در سراسر جهان پراکنده نشده‌اند و عوامل طبیعی گوناگونی مانند موقعیت جغرافیایی، شرایط آب و هوایی و میزان بارش بر این پراکندگی بسیار مؤثر است ، شکل ۳.

مجموع بارندگی سالانه در ایران حدود ۴۰۰ میلیارد متر مکعب است که ۲۸۴ میلیارد متر مکعب آن به‌طور مستقیم تبخیر می‌شود و تنها بخش کمی از آن به‌صورت آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی، منابع آب کشور را تأمین می‌کنند.



شکل ۳ میانگین سالانه‌ی بارش در سراسر جهان

فکر کنید

با توجه به شکل۳ به نظر شما ایران از جمله‌ی کدام مناطق جهان است؟ خشک، کم آب یا پرآب؟ چرا؟ آیا میزان بارش در همه جای کشور یکسان است؟ وضعیت بارندگی در استان شما چگونه است؟ توضیح دهید.

بیش‌تر بدانید

در حالی که حدود یک درصد از جمعیت جهان در ایران زندگی می‌کنند، تنها ۰/۲۶ درصد از منابع آب شیرین جهان در کشور ما وجود دارد. برآوردهای علمی نشان می‌دهد که با افزایش تدریجی جمعیت، ایران تا دو دهه‌ی آینده با کمبود شدید آب روبه‌رو خواهد شد. در ضمن پژوهش‌های جهانی نشان داده است که کاهش منابع آب در کشورهای خاورمیانه و رقابت بر سر بهره‌برداری از منابع آب موجود در منطقه، نقش روزافزونی در امنیت ملّی هر یک از این کشورها دارد. از این‌رو در آینده، آب در خاورمیانه می‌تواند به سرمایه‌ای ارزنده‌تر و حیاتی‌تر از نفت تبدیل شود!



قابل توجه است که بیش از ۷۰ درصد منابع آب قابل دسترسی در خاورمیانه به آبیاری در بخش کشاورزی اختصاص دارد. اهمیت بخش کشاورزی برای افزایش درآمدهای ملّی، کارآفرینی و تأمین غذا و در واقع برای تضمین اقتدار و امنیت ملّی و هدف‌های اقتصادی ـ سیاسی این کشورها بر کسی پوشیده نیست.

بی‌توجهی به مسایل مربوط به آب، مصرف بی‌رویه، آلوده کردن آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و دیگر منابع از یک سو، و افزایش روزافزون جمعیت مصرف‌کننده‌ی آب از سوی دیگر، سبب شده است که کار تأمین آب مورد نیاز ما دشوارتر شود. بی‌تردید ادامه‌ی این روند در آینده برشدت بحران کم‌آبی خواهد افزود.



صحنه‌ای که شاید در آینده‌ای نه چندان دور با آن روبه‌رو شویم.



شاید روزی فرا رسد که ناچار شویم آب آشامیدنی مورد نیاز خود را به سختی تهیه کنیم.

تجدیدپذیری طبیعی منابع آب

همه‌ی آب موجود در طبیعت به نسبتِ تقریباً ثابتی در میان دریاها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، سفره‌های زیرزمینی، یخچال‌های طبیعی و دیگر منابع توزیع می‌شود. این توزیعِ متناسب، با به چرخش درآمدن آب در میان این منابع انجام می‌گیرد. **چرخه‌ی آب** نامی است که به این فرایند داده‌اند، شکل ۴. با وجود این چرخه، تناسب میان مقدار آب موجود در همه‌ی منابع برقرار می‌ماند.

*به مجموعه رویدادهای به هم پیوسته‌ای که به یک تغییر می‌انجامد، **فرایند** می‌گویند.*



شکل ۴ چرخه‌ی آب در طبیعت

فکر کنید

با توجه به شکل ۴ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱ـ در هر مرحله از این فرایند آب دچار چه نوع تغییری می‌شود؟

۲ـ خورشید چه نقشی در این فرایند دارد؟

۳ـ چگونه چرخه‌ی آب به تأمین آب شیرین مورد نیاز ما کمک می‌کند؟

چه‌قدر آب مصرف می‌کنید؟!

مصرف روزانه‌ی آب در خانواده‌ی خود را در جدولی مانند جدول ۱ یادداشت کنید. در صورت انجام دادن هر فعالیت، میزان آب مصرف شده را بر حسب لیتر تخمین بزنید و با توجه به دفعات تکرار آن، حجم کل آب مصرف شده را در هر ردیف بنویسید. از افراد خانواده برای تکمیل خانه‌های جدول ۱ کمک بگیرید.

جدول ۱ برآورد تخمینی میزان مصرف روزانه‌ی آب در خانواده

نوع فعالیت	میزان مصرف آب			توضیح بیش‌تر[1]
	روز اول	روز دوم	روز سوم	
شست‌وشوی دست و صورت شست‌وشوی سر و بدن در حمام شست‌وشوی لباس‌ها با ماشین لباس‌شویی یا با دست شست‌وشوی ظرف‌های آشپزخانه آب دادن به گلدان یا باغچه آب مصرفی در دست‌شویی شستن خودرو آشپزی و آشامیدن موارد دیگر				
میانگین آب مصرفی خانواده در هر روز				.... لیتر
میانگین آب مصرفی هر عضو خانواده در هر روز				.... لیتر
میانگین هزینه ی آب مصرفی[2] خانواده در هر روز				.... ریال
میانگین آب‌بهای پرداختی برای هر عضو خانواده در هر روز				.... ریال

۱ ـ در هر مورد شیوه‌ی اندازه‌گیری یا تخمین حجم آب مصرفی را توضیح دهید.
۲ـ مبلغ آب بها را می‌توانید از روی صورت حساب سازمان آب پیدا کنید.

سرانه‌ی آب برای هر ایرانی در سال‌های ۱۳۴۰ و ۱۳۷۸ به ترتیب ۸۶۰۰ و ۲۱۰۰ متر مکعب بوده است. پیش‌بینی می‌شود که این مقدار در سال ۱۴۰۰ به ۱۳۰۰ متر مکعب برسد. کاهش این سهم به کم‌تر از ۱۰۰۰ متر مکعب در سال، کشور را با بحران جدی کم‌آبی روبه رو خواهد کرد.



بیش تر بدانید

اندازه‌گیری و محاسبه تنها هنگامی سودمند است که همه‌ی مردم در سراسر جهان برای گزارش و ارایه‌ی یافته های خود از یکاهای یکسانی استفاده کنند. از این‌رو دانشمندان همه‌ی کشورها، اندازه‌گیری‌ها و محاسبه‌های خود را با **سیستم متریک** گزارش می‌دهند.

بیش از صد سال پیش، یکاهای متریک برای نخستین بار در فرانسه معرفی شدند. اما شکل جدید این سیستم، از سال ۱۹۶۰ میلادی به این سو، در سراسر جهان به کار می‌رود. این سیستم بین المللی که SI نامیده می‌شود، در کشور ما نیز پذیرفته شده است. متر (m ، یکای اندازه‌گیری طول)، کیلوگرم (kg ، یکای اندازه‌گیری جرم) و ثانیه (s، یکای اندازه‌گیری زمان) برای شما یکاهای آشنایی هستند. اما پاسکال (Pa ، یکای اندازه‌گیری فشار)، ژول (J ، یکای اندازه‌گیری انرژی) و مول (mol ، یکای اندازه‌گیری مقدار ماده) یکاهایی هستند که در جای خود معرفی خواهند شد.

SI کوتاه شده‌ی بیان فرانسوی سیستم بین‌المللی یکاهاست.

Le Système International d'unitès

یکای طول در سیستم SI متر است و آن را با نماد m نشان می‌دهند. اما، بسیاری از طول‌ها وجود دارند که ممکن است خیلی بزرگ‌تر یا خیلی کوچک‌تر از یک متر باشند. برای نمایش این طول‌ها در سیستم SI پیشوندهایی تعریف شده است که برای همه‌ی یکاها به کار می‌روند. هرگاه یکی از این پیشوندها در جلوی نماد یکی از یکاهای سیستم SI قرار گیرد، آن یکا را به اندازه‌ی مشخصی بزرگ یا کوچک می‌کند. کیلو (k ، هزار برابر)، دسی (d ، ۰/۱ برابر)، سانتی (c ، ۰/۰۱ برابر) و میلی (m ، ۰/۰۰۱ برابر) پیشوندهای مهمی هستند که در این کتاب با آن‌ها سروکار خواهید داشت.

در مثال‌های زیر با کاربرد و معنای این پیشوندها بهتر آشنا می‌شوید:

ضخامت هر برگ این کتاب ۰/۱ میلی‌متر است:

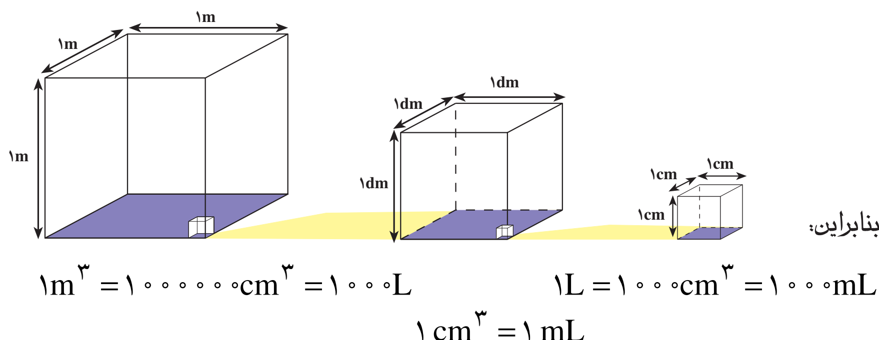
$$۰/۱\ mm = ۰/۱ \times ۰/۰۰۱\ m = ۰/۰۰۰۱\ m$$

فاصله‌ی تهران تا شیراز ۸۹۵ کیلومتر است:

$$۸۹۵\ km = ۸۹۵ \times ۱۰۰۰\ m = ۸۹۵۰۰۰\ m$$

افزون بر یکاهای SI از یکاهای غیر SI بسیاری نیز در شیمی استفاده می‌شود. درجه‌ی سلسیوس ($^\circ C$، یکای اندازه‌گیری دما)، لیتر (L ، یکای اندازه‌گیری حجم) و کالری (cal، یکای اندازه‌گیری انرژی) از جمله‌ی مهم‌ترین یکاهای غیر SI هستند.

از آن جا که یکای اندازه‌گیری حجم، یعنی متر مکعب ($m^۳$ ، حجم مکعبی به طول، عرض و ارتفاع ۱m) یکای بزرگی است، در شیمی و حتی در زندگی روزانه از یکاهای کوچک‌تری مانند لیتر (L)، سانتی‌متر مکعب($cm^۳$) یا میلی‌لیتر (mL) استفاده می‌شود. رابطه‌ی این یکاها را در شکل زیر می‌بینید.



بنابراین:

$$۱L = ۱۰۰۰cm^۳ = ۱۰۰۰mL \qquad ۱m^۳ = ۱۰۰۰۰۰۰cm^۳ = ۱۰۰۰L$$

$$۱\ cm^۳ = ۱\ mL$$

مصرف آشکار و نهان آب

آیا مصرف آب، تنها به مواردی که در فعالیت صفحه‌ی ۷ اشاره شد، محدود می‌شود؟ بی‌تردید خیر، زیرا عدد به دست آمده بیانگر مصرف آشکار و قابل اندازه‌گیری آب در زندگی روزانه است. مصارف نهان بسیاری وجود دارند که احتمالاً از دید شما دور مانده‌اند. هر بار که شما یک تکه نان یا یک تخم‌مرغ آب‌پز را می‌خورید، در مصرف مقدار زیادی آب سهیم می‌شوید! زیرا پیش از این، آب فراوانی برای تولید گندم و تهیه‌ی نان یا پرورش مرغ مصرف شده است که به هنگام خوردن آن‌ها به نظر نمی‌آید.

فکر کنید

برای تولید یک کمپوت گیلاس ۱۳۰ لیتر آب مصرف می‌شود!

مصرف این مقدار آب را چگونه توجیه می‌کنید؟ مصرف آب را از هنگام تولید میوه تا زمانی که کمپوت را از مغازه خریداری می‌کنید، مرحله به مرحله تخمین بزنید.

تحقیقات آماری در بسیاری از کشورهای پیشرفته نشان می‌دهد که میانگین مصرف آشکار آب برای هر نفر در روز حدود ۳۰۰ لیتر است. در حالی که، مصرف نهان آب، برای هر نفر در روز حدود ۶۰۰۰ لیتر و به شرح زیر محاسبه شده است:

آبیاری کشتزارها و تهیه و تولید مواد غذایی	۲۶۰۰ لیتر
تأمین انرژی (برق، سوخت و ...)	۲۴۰۰ لیتر
صنایع و معادن	۷۰۰ لیتر
امور بازرگانی و خدمات	۳۴ لیتر

بازنگری در مصرف آب

اگر چه ادامه ی زندگی ما، به‌وجود مقادیر زیادی آب وابسته است، با این حال کم‌تر به آن ارج می‌نهیم. زیرا، همیشه آن را در اختیار داریم و در شرایط عادی هر زمان شیر آب را باز می‌کنیم، آب به مقدار دلخواه در دسترس ما قرار می‌گیرد. ما زمانی به درستی قدر آب را خواهیم دانست که به ابتدای کار برگردیم و مسیر آب را از شیر آب و لوله‌کشی خانه به شبکه‌ی آب‌رسانی شهر، تصفیه‌خانه و منبع آب پی‌گیری کنیم. آن هنگام به سرمایه‌گذاری‌ها و تلاش‌های زیاد سازمان‌ها و کارشناس‌های آن‌ها بیش‌تر پی خواهیم برد. در حقیقت زمانی اهمیت این موضوع را به خوبی درک خواهیم کرد که جریان آب ناگهان قطع شود و مانند شهروندان رودساری به مدت نامعلومی دچار بی‌آبی شویم.



در آینده ای نه چندان دور!

تصور کنید که کشور برای چند سال پی‌درپی با خشکسالی روبه‌رو شود و کمبود آب پیوسته ادامه یابد. در این صورت اولویت مصرف به کاربردهای حیاتی اختصاص خواهد یافت و موارد غیرضروری به کلی متوقف خواهد شد.

به نظر شما در ابتدا کدام یک از موارد مصرف آب را باید متوقف کرد؟ آیا برای برخی از فعالیت‌ها می‌توان از آب مصرفی فعالیت‌های دیگر استفاده کرد؟ به جدول مصارف روزانه خانواده‌ی خود (جدول ۱) برگردید . میانگین آب مصرف شده طی سه روز در خانه‌ی شما چقدر بود؟ برای کاهش مقدار مصرف آب در خانه‌ی خود چه پیشنهادهایی دارید؟ آن‌ها را با اعضای خانواده‌ی خود در میان بگذارید. پس از عملی کردن این پیشنهادها میزان کاهش در مصرف آب خانواده‌ی خود را تخمین بزنید. از این فعالیت گزارشی تهیه کنید و در کلاس ارائه دهید.

آب، مایعی با ویژگی‌های باورنکردنی

آب برای ما مایعی بسیار آشناست، اگر چه ماده‌ای بسیار غیرعادی به شمار می‌آید. آب تنها مایع فراوان در کره‌ی زمین است. تنها ماده‌ای است که در طبیعت به هر سه حالت جامد، مایع و گاز یافت می‌شود. تبدیل این حالت‌ها به یک‌دیگر با تغییراتی همراه است که زندگی در کره‌ی زمین را برای ما ممکن و دلپذیر می‌سازد.

هنگامی که آب بر اثر سرما به یخ تبدیل می‌شود، انبساط می‌یابد. به این معنا که همان مقدار آب در حالت جامد حجم بیش‌تری را اشغال می‌کند. بنابراین، حجمی از یخ که هم حجم آب اولیه است، جرم کم‌تری دارد. به این علت، می‌گویند که چگالی یخ کم‌تر از آب است. کم‌تر بودن چگالی یخ باعث می‌شود که یخ روی آب شناور بماند. این ویژگی آب سبب می‌شود که بر خلاف بسیاری از مایع‌ها، آب از سطح شروع به انجماد کند. این پدیده را بارها به هنگام شروعِ یخ‌زدن آب، درون جایخی یخچال مشاهده کرده اید، شکل ۵ ـ آ. در زمستان‌ها با یخ زدن سطح آبِ دریاچه ها، لایه‌ی عایقی از یخ به‌وجود می‌آید که از یخ زدن لایه‌های زیرین جلوگیری می‌کند. در این شرایط ماهی‌ها و آبزیان دیگر می‌توانند در مناطق گرم‌تر زیرین به زندگی خود ادامه دهند، شکل ۵ ـ ب.

به نسبت جرم به حجم یک ماده، چگالی یا جرم حجمی می‌گویند.

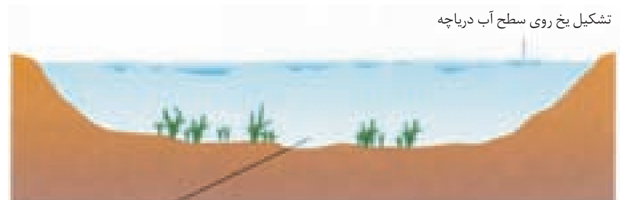
$$\text{چگالی}\; d = \frac{m}{V}\; \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}$$

از آن‌جا که چگالی به حجم ماده و حجم نیز به دما بستگی دارد،(چگونه؟) از این‌رو همواره باید دمایی را که چگالی در آن اندازه‌گیری شده است، مشخص کرد. چگالی را عموماً با یکای g/mL یا g/cm^3 گزارش می‌کنند. برای نمونه چگالی اَستون در $20^\circ C$ به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$d^{20} = 0/791\ g/cm^3$$



(آ)



(ب)

شکل ۵ آ) دو مایع مختلف را در حال منجمد شدن می‌بینید. در کدام ظرف، آب در حال یخ زدن است؟
ب) دما در اعماق دریاچه، پایین‌تر از $4^\circ C$ نمی‌رود.

بیش تر بدانید

کم‌تر بودن چگالی یخ نسبت به آب پیامدهای خطرناکی برای سلول‌های زنده دارد. هنگامی که بافت‌های زنده منجمد می‌شوند، آب موجود درون سلول‌ها بر اثر یخ‌زدن منبسط می‌شود. با انبساط آب، سلول می‌ترکد و از بین می‌رود. هر چه سرد شدن آهسته‌تر صورت گیرد، بلورهای یخ درشت‌تر می‌شوند و سلول‌ها هم آسیب بیش‌تری می‌بینند. کارخانه‌های سازنده‌ی مواد غذایی منجمد از این ویژگی آب استفاده می‌کنند و مواد غذایی را به سرعت منجمد می‌کنند. در این حالت بلورهای یخِ بسیار کوچکی تشکیل می‌شود که به سلول‌های ماده‌ی غذایی آسیب بسیار کم‌تری وارد می‌کند.

ظرفیت گرمایی ویژه، مقدار گرمایی است که دمای 1g از یک جسم را $1^\circ C$ افزایش می‌دهد.

ویژگی غیر عادی دیگرِ آب ظرفیت گرمایی بالای آن است. همان‌گونه که می‌دانید ظرفیت گرمایی یک جسم مقدار گرمایی است که باید به آن جسم داده شود تا دمای آن $1^\circ C$ افزایش یابد. جدول ۲ ظرفیت گرمایی ویژه‌ی شماری از مواد آشنا را نشان می‌دهد. همان‌طوری که دیده می‌شود، مقدار گرمایی که لازم است دمای 1g آب را $1^\circ C$ افزایش دهد، حدود ۱۰ برابر گرمایی است که برای همین مقدار (1g) آهن لازم است.

جدول ۲ ظرفیت گرمایی ویژه‌ی شماری از مواد آشنا

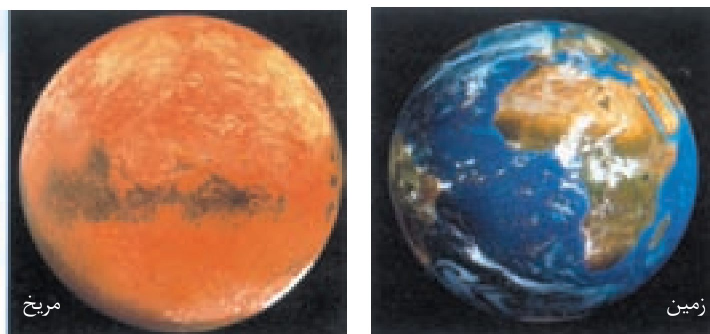
نام ماده	ظرفیت گرمایی ویژه ($J/g.^\circ C$)
آلومینیم	۰/۸۹۷
مس	۰/۳۸۵
اتانول	۲/۴۶۹
آهن	۰/۴۴۹
آب	۴/۱۸۵

فکر کنید

برای این که دمای 1g آب را به اندازه‌ی $1^\circ C$ کم کنیم، چه مقدار گرما باید از آن بگیریم؟

مقادیر زیاد آب موجود در سطح زمین مانند یک ترموستات یا دماپای غول‌آسا عمل می‌کند و به این ترتیب تغییرات دمای زمین را که بر اثر تابش نور خورشید بر آن به‌وجود می‌آید، متعادل می‌سازد. برای درک بهتر این موضوع، تغییرات دمایی کره‌ی زمین را با یک کره‌ی بدون آب، مانند بهرام (مریخ) مقایسه کنید، شکل ۶ .





شکل۶ در شبانه‌روز دمای سطح مریخ از $-80^\circ C$ تا حداکثر $40^\circ C$ متغیر است. در شبانه‌روز دمای سطح زمین در محل زندگی شما چه‌قدر تغییر می کند؟

خاصیت منحصر به‌فرد دیگر آب، گرمای تبخیر بالای آن است. به عبارت دیگر برای تبدیل مقدار کمی آب به بخار، گرمای زیادی لازم است. این خاصیت نیز برای ما بسیار اهمیت دارد. گرمای اضافی بدن ما با تبخیر مقدار کمی آب بدن از طریق منافذ پوست (عرق کردن) کاسته می‌شود. تأثیر وجود دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها در تغییر آب و هوای محلی که نزدیک آن‌ها است، گواهی بر این گفته است. بخش زیادی از نور خورشید که زمین را گرم می‌کند، برای تبخیر آب از سطح دریاها و دریاچه‌ها مصرف می‌شود. بنابراین، در تابستان کنار حجم قابل توجهی آب، هوا خنک‌تر از مناطق دورتر است. وجود یک حوض بزرگ یا چند فواره در یک پارک نیز هوای آن‌جا را خنک‌تر از جاهای دیگر می‌کند.

کشش سطحی آب نیز به طور شگفت‌انگیزی زیاد است. گه‌گاه شاهد صحنه‌ی جالب نشستن برخی حشره ها بر سطح آب هستیم، شکل۷. اگر به‌دقت به این شکل نگاه کنید، خواهید دید که سطح آب زیرپای حشره، مانند یک تشک ابری فرومی‌رود اما پاره نمی‌شود.



شکل۷ حشره‌ای در حال استراحت روی سطح آب!

راه رفتن روی سطح آب!

یک مورچه به راحتی می‌تواند روی سطح آب قدم بزند. یک مورچه پیدا کنید و آن را به آرامی روی سطح آب درون یک استکان قرار دهید. با یک ذره‌بین نحوه‌ی تماس پاهای مورچه را با سطح آب به‌دقت نگاه کنید. مشاهده‌ی خود را با کشیدن یک شکل در کلاس ارایه دهید. به نظر شما چرا مورچه در آب فرو نمی‌رود؟

توجه: *مورچه را پس از آزمایش رها کنید.*

فرضیه یک حدس هوشمندانه است که پس از مشاهده‌ی یک پدیده، برای توضیح علت وقوع آن بیان می‌شود.

تا به حال با شماری از ویژگی‌های غیرعادی آب آشنا شده‌اید. حال هنگام آن است که فرضیه‌ی جامعی ارایه دهیم که توان توجیه همه‌ی ویژگی‌های آب را داشته باشد. تنها در این حالت است که به شناخت عمیقی از ویژگی‌های آب دست می یابیم. اما به این منظور، نیاز است که برخی از پیش‌دانسته‌های شما درباره‌ی ساختار ماده را با هم مرور کنیم.

مروری بر آموخته‌های گذشته

می‌دانید که عنصر به ماده‌ای گفته می شود که ذره‌های سازنده‌ی آن اتم یا مولکول‌هایی هستند که از یک نوع اتم ساخته شده‌اند. اکسیژن یک **عنصر** است، زیرا در مولکول‌های آن تنها اتم‌های اکسیژن مشاهده می شود. هیدروژن هم که مولکول‌های آن تنها از اتم‌های هیدروژن ساخته شده است، یک عنصر به شمار می آید. تقریباً ۹۱ عنصر در طبیعت یافت می‌شود. هر یک از این عنصرها اتمِ خاص و ویژگی‌های منحصر به فرد خود را دارد.

هم‌چنین می دانید که آب جزو عنصرها دسته‌بندی نمی شود، زیرا مولکول های آن از دو نوع اتم مختلف، اکسیژن و هیدروژن، ساخته شده است. آب را جزو مخلوط ها نیز دسته‌بندی نمی کنند، زیرا ویژگی های آن با ویژگی های مخلوط گازهای اکسیژن و هیدروژن متفاوت است. آب یک **ترکیب** است. تا به حال شیمیدان‌ها بیش از ۱۰ میلیون ترکیب گوناگون را شناخته‌اند. هر ترکیب از اتصال اتم‌های دو یا چند عنصر مختلف با یک دیگر ساخته می‌شود. این اتم‌ها با **پیوند شیمیایی** به هم متصل می‌شوند. دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن به هم متصل می‌شوند و واحد تازه‌ای به‌وجود می‌آورند که به آن یک **مولکول** آب گفته می‌شود. یک مولکول، ساده‌ترین واحد سازنده‌ی یک ماده است که برخی از ویژگی‌های آن را حفظ می‌کند. یک قطره آب دارای تعداد بی‌شماری مولکول‌های آب است.



گاز هیدروژن H_2 — گاز اکسیژن O_2

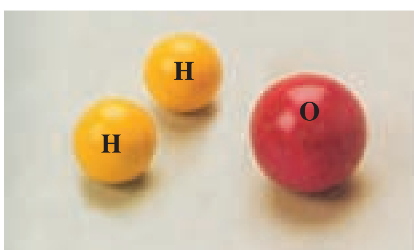
شیمیدان‌ها برای نمایش اتم‌ها، عنصرها و ترکیب‌ها از یک زبان جهانی استفاده می‌کنند. در این زبان حرف‌ها را **نمادهای شیمیایی** می‌گویند و هر عنصر را با یک نماد شیمیایی نشان می‌دهند که یک یا دو حرف لاتین را در بردارد. همواره نخستین حرفِ نماد شیمیایی یک عنصر، بزرگ نوشته می‌شود. برای مثال C نمادی برای عنصر کربن و Ca نمادی برای عنصر کلسیم است. نماد برخی از عنصرها را در جدول ۳ می‌بینید. با دقت در نام لاتین هر عنصر، به رابطه‌ی آن با نماد شیمیایی انتخاب شده پی می‌برید.

جدول ۳ نماد شیمیایی برخی عنصرهای آشنا

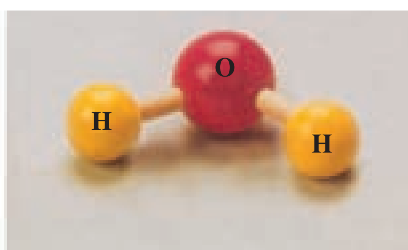
نام	نام لاتین	نماد شیمیایی	نام	نام لاتین	نماد شیمیایی
آلومینیم	Aluminum	Al	آهن	Ferrum	Fe
کلسیم	Calcium	Ca	سرب	Plumbum	Pb
کربن	Carbon	C	منیزیم	Magnesium	Mg
کلر	Chlorine	Cl	گوگرد	Sulfur	S
هیدروژن	Hydrogen	H	نیتروژن	Nitrogen	N
سدیم	Natrium	Na	اکسیژن	Oxygen	O



کلمه‌های این زبان علمی را **فرمول شیمیایی** می‌گویند. هر فرمول شیمیایی نمایانگر یک ترکیب شیمیایی است. فرمول شیمیایی هر ماده،با کمک نمادهای شیمیایی عنصرهای سازنده‌ی آن مشخص می‌شود. می‌دانید که فرمول شیمیایی آب $H_۲O$ است. این فرمول نشان می‌دهد که آب از ترکیب شدن دو عنصر اکسیژن (O) و هیدروژن (H) ساخته شده است. عددهایی که در سمت راست پایین (به صورت زیروند) نوشته می‌شود، تعداد اتم‌های هر عنصر را در یک مولکول یا واحد سازنده‌ی آن ماده مشخص می‌کند. برای نمونه، در فرمول شیمیایی آب ($H_۲O$) مشاهده می‌شود که هر مولکول آب افزون بر یک اتم اکسیژن دو اتم هیدروژن نیز دارد ، شکل ۸. توجه داشته باشید که در فرمول‌های شیمیایی از نوشتن زیروند ۱ خودداری می‌شود.



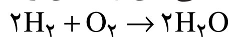
(آ)



(ب)

شکل ۸ آ) اتم‌های هیدروژن و اکسیژن ب) یک مولکول آب

جمله‌ها یا عبارت‌های زبان شیمی **معادله‌های شیمیایی** هستند. هر معادله‌ی شیمیایی، آن‌چه را در یک واکنش شیمیایی روی می‌دهد به طور خلاصه بیان می‌کند. **واکنش شیمیایی** شامل شکسته شدن پیوندهای شیمیایی و تشکیل پیوندهای جدیدی است. در واکنش‌های شیمیایی ، آرایش اتم ها در مولکول ها تغییر می‌کند و به این ترتیب، مواد تازه‌ای به‌وجود می‌آید.خواص این مواد جدید، با خواص مواد اولیه تفاوت دارد. از واکنش دو مولکول هیدروژن ($۲H_۲$) و یک مولکول اکسیژن ($O_۲$) دو مولکول آب ($۲H_۲O$) تولید (→) می‌شود. معادله‌ی شیمیایی این واکنش را به صورت زیر می‌نویسند:



$$۲H_۲ + O_۲ \rightarrow ۲H_۲O$$

مواد شرکت کننده در واکنش (در این جا اکسیژن و هیدروژن) را **واکنش دهنده(ها)** می‌گویند. در یک معادله‌ی شیمیایی، واکنش دهنده‌ها را در سمت چپ می‌نویسند. ماده یا مواد تازه‌ای که از واکنش دهنده‌ها به دست می‌آید، **فراورده(ها)** نامیده می‌شود. فراورده‌ها را در سمت راست معادله‌ی شیمیایی می‌نویسند. در این معادله نیز مانند همه‌ی معادله‌های شیمیایی تعداد کل اتم‌ها (چهار اتم H و دو اتم O) در دو طرف معادله (واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها) یکسان است.به چنین معادله ای **موازنه شده** می‌گویند. همان‌طور که می‌دانید برابر بودن تعداد اتم‌های هر عنصر در یک معادله شیمیایی، پایسته بودن ماده در یک واکنش شیمیایی را یادآور می‌شود. با این موضوع در بخش ۳ بیش‌تر آشنا خواهید شد.

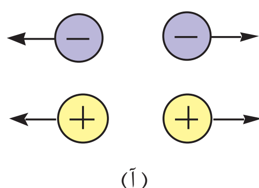
فکر کنید

برای هر فرمول شیمیایی زیر، نام عنصرهای سازنده و تعداد اتم های آن ها را مشخص کنید.

فرمول شیمیایی	H_2O_2	$CaCl_2$	C_3H_6O	H_2SO_4
نام	هیدروژن پراکسید (آب اکسیژنه)	کلسیم کلرید	پروپانون (استون)	سولفوریک اسید
کاربرد	رنگبری مو، کاغذ و پارچه	نم گیر	حلال رنگ و لاک	اسید باتری خودرو

یادآوری خواص الکتریکی ماده

در سال های پیش با برخی از خواص الکتریکی ماده آشنا شده اید. برای مثال، به هنگام مطالعه ی مبحث الکتریسیته ی ساکن (مالشی) پی بردید که هرگاه شانه ی خشک یا یک خودکار پلاستیکی را به موهای خشک خود یا به یک پارچه ی ابریشمی یا پشمی بمالید، نوعی خاصیت الکتریکی در جسم به وجود می آید. این خاصیت سبب می شود که آن جسم، تکه های کوچک کاغذ را برُباید.



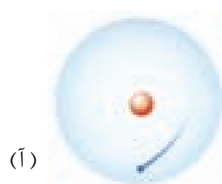
(آ)



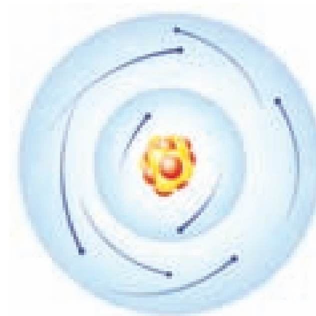
(ب)

تأثیر بارهای الکتریکی بر هم
آ) بارهای هم نام یک دیگر را می رانند.
ب) بارهای ناهمنام یک دیگر را می ربایند.

از این گونه مشاهده ها با خواص الکتریکی ماده آشنا شدید و سپس ساختار اتم های سازنده ی آن را درک کردید. از دوره ی راهنمایی به یاد دارید که همه ی اتم های یک عنصر از تعداد یکسانی ذره های کوچکِ دارای بار الکتریکی مثبت، موسوم به **پروتون** و ذره های سبک تر دارای بار الکتریکی منفی، موسوم به **الکترون** تشکیل یافته اند، شکل ۹.



(آ)



(ب)

شکل ۹ مدل اتم هسته دار برای نمایش آ) اتم هیدروژن، ب) اتم اکسیژن.

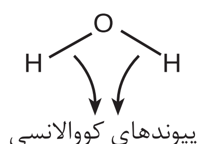
چنان چه دیده می شود در هسته ی هر اتم افزون بر پروتون شماری ذره ی خنثی که **نوترون** نامیده می شوند نیز وجود دارد.

هم چنین، می دانید که اتم ها با کمک نوعی **پیوند شیمیایی** به یک دیگر می پیوندند و مولکول ها را به وجود می آورند. این نوع پیوند شیمیایی نیرویی قوی است که اتم ها را در کنار یک دیگر نگاه می دارد و **پیوند کووالانسی** نامیده می شود. با پیوند کووالانسی در سال آینده بیش تر آشنا خواهید شد.



مشاهده‌های بسیاری نشان داده است که اتم هیدروژن تنها می‌تواند یک پیوندکووالانسی تشکیل دهد، در حالی که اتم اکسیژن می‌تواند دو پیوند کووالانسی به‌وجود آورد. به تعداد پیوندهایی که یک اتم می‌تواند با اتم‌های دیگر تشکیل دهد **ظرفیت** می‌گویند. بنابراین، ظرفیت اتم هیدروژن **یک** و ظرفیت اتم اکسیژن **دو** است. دو بودن ظرفیت اتم اکسیژن به این معنا است که هر اتم اکسیژن، برای مثال می‌تواند به دو اتم یک ظرفیتی هیدروژن متصل شود و یک مولکول آب را ایجاد کند.

پیوند کووالانسی را به صورت یک خط میان نمادهای شیمیایی دو اتم درگیر در پیوند نشان می‌دهند.



اکنون این پرسش پیش می‌آید که چرا مولکول آب را خمیده نشان می‌دهیم و اتم‌های آن را در یک راستا به صورت $H-O-H$ رسم نمی‌کنیم؟ در ادامه به این پرسش پاسخ خواهیم داد.

ساختار خمیده‌ی مولکول آب

چنان چه یک میله‌ی پلاستیکی (خودکار یا شانه) را به موهای خشک خود بمالید و آن را مطابق شکل ۱۰ به باریکه‌ای از آب شیر دست‌شویی نزدیک کنید، مشاهده خواهید کرد که جریان آب از راستای طبیعی خود منحرف و به میله‌ی پلاستیکی نزدیک می‌شود.

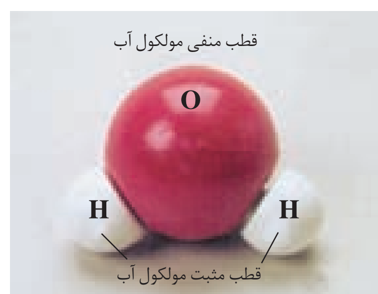


شکل ۱۰ باریکه‌ی آب با نزدیک شدن جسم باردار، از مسیر خود منحرف می‌شود.

می‌دانیم که یک میله‌ی پلاستیکی در حالت طبیعی از نظر الکتریکی خنثی است. اما بر اثر مالش، مقداری بار الکتریکی منفی به‌دست می‌آورد. حال اگر این میله‌ی پلاستیکی باردار به باریکه‌ی آب نزدیک شود، آن را به‌سوی خود جذب و از مسیر اولیه منحرف می‌کند. اگرچه آب در حالت عادی خنثی است اما در توجیه این پدیده‌ی جالب، می‌توان چنین فرض کرد که آب مولکول‌هایی دارد که در واقع دو سر مثبت و منفی دارند و به هنگام نزدیک شدن میله‌ی پلاستیکی باردار به باریکه‌ی آب، هر مولکول از سر مثبت خود جذب میله‌ی پلاستیکی با بار الکتریکی منفی می‌شود.

شواهد تجربی گوناگون، فرضیه‌ی دو قطبی بودن مولکول آب را به اثبات رسانیده است. هم‌چنین شواهد تجربی نشان می‌دهند که مولکول آب شکل خمیده‌ای (V مانند) دارد. به عبارت دیگر، دو اتم هیدروژن آن نسبت به اتم اکسیژن در یک راستا و به صورت H – O – H قرار نگرفته‌اند. شیمیدان‌ها پس از آزمایش‌های بسیار فهمیده‌اند که در سمت اکسیژنِ مولکول آب بار منفی و در سمت هیدروژن‌های آن بار مثبت وجود دارد.

شکل ۱۱ توزیع بار الکتریکی در مولکول آب را نشان می‌دهد. فراموش نکنید که مولکول آب یا هر مولکول دیگری که دو قطبی است، یعنی یک قطب مثبت و یک قطب منفی دارد، مولکول **قطبی** نامیده می‌شود ولی در مجموع از نظر الکتریکی خنثی باقی‌می‌ماند. زیرا، تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها در یک اتم یا مولکول همواره برابر است.



شکل ۱۱ نمایش قطب‌های مثبت و منفی مولکول آب، مولکول آب در مجموع خنثی است.

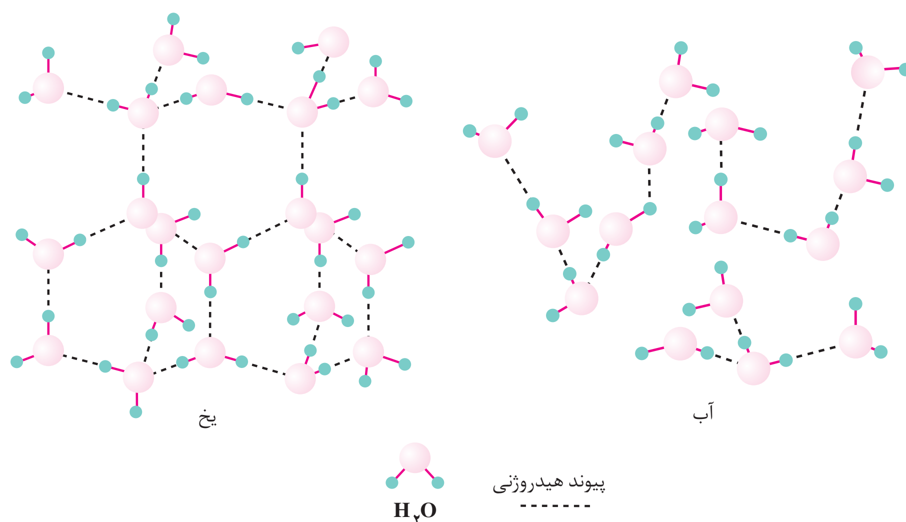
حال که با ساختار خمیده‌ی مولکول آب و خواص قطبی آن آشنا شدیم، کوشش می‌کنیم شماری از خواص غیرعادی این مایع شگفت انگیز را که پیش از این بررسی کردیم، به کمک این یافته‌ها تفسیر و توجیه کنیم.

توجیه برخی ویژگی‌های غیرعادی آب

از آن‌جا که بارهای الکتریکی ناهم نام یک دیگر را می‌ربایند، قطب مثبت یک مولکول آب، قطب منفی مولکول همسایه را جذب می‌کند. چون این نیروی جاذبه سبب می‌شود که مولکول‌ها بتوانند در کنار هم قرار گیرند، از این‌رو به آن **نیروی جاذبه‌ی بین مولکولی**



گفته می‌شود. هر چه این نیرو قوی‌تر باشد، مولکول‌ها یک دیگر را محکم‌تر نگاه می‌دارند. نیروی بین مولکول‌های آب بسیار قوی است، به طوری که جدا کردن آن‌ها را به هنگام تبخیر بسیار دشوار می‌سازد، شکل ۱۲. بنابراین، گرمای فراوانی لازم است تا آب از حالت مایع به حالت گازی تبدیل شود. زیرا، بخشی از انرژی لازم برای تبخیر، صرف غلبه بر نیروهای بسیار قوی موجود میان مولکول‌های آب می‌شود تا آن‌ها را از یک‌دیگر جدا کند. بخشی هم برای افزایش انرژی جنبشی مولکول‌ها به مصرف می‌رسد. آزمایش و محاسبه نشان می‌دهد که گرمای تبخیر یا انرژی گرمایی لازم برای تبدیل یک گرم آب به بخار آب (مولکول‌های آزاد و گازی شکل آب) ۲۲۶۰J است. هیچ مایعی در طبیعت یافت نمی‌شود که چنین گرمای تبخیر بالایی داشته باشد.



شکل ۱۲ نمایش نیروهای بین مولکولی در آب و یخ. به این نیروها **پیوند هیدروژنی** می‌گویند، زیرا چنین به نظر می‌رسد که اتم هیدروژن، مولکول‌های آب را در کنار یک‌دیگر نگاه داشته است.

فکر کنید

۱ـ گرمای تبخیر برای یک گرم الکل ۸۶۰J و برای یک گرم کلروفرم ۲۵۰J است. به نظر شما نیروی بین مولکولی در کدام یک قوی‌تر است؟ چرا؟ در شرایط یکسان کدام یک زودتر به جوش می‌آید؟

۲ـ می‌دانید که بدن انسان و برخی از موجودات زنده با عرق کردن، در گرمای شدید تابستان خنک می‌ماند. برای مثال، اگر دمای هوا در یک روز تابستانی ۵۰°C باشد، دمای بدن هم‌چنان ثابت و برابر با ۳۷°C خواهد ماند. اگر آب گرمای تبخیر بالایی نداشت، چه مسایلی برای ادامه زندگی موجودات زنده به وجود می‌آمد؟

۳ـ آیا می‌توانید با توجه به نیروهای بین مولکولی بسیار قوی آب، علت ایجاد پدیده‌ی کشش سطحی را شرح دهید؟

کلروفرم مایع بی‌رنگی است که بخار آن سمی، اعتیادآور و تنفس طولانی مدت آن کشنده است. در گذشته از کلروفرم برای بی‌هوش کردن بیماران در اتاق عمل، استفاده می‌شد.

۴ـ حجم آب به هنگام یخ‌زدن افزایش می‌یابد. با توجه به شکل ۱۲ علت این افزایش حجم را شرح دهید.

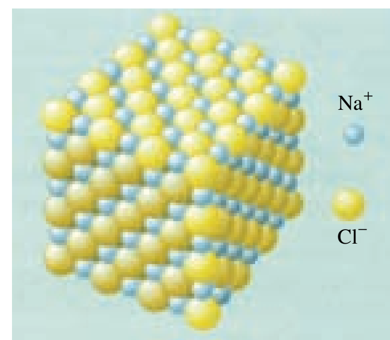


آب به عنوان یک حلال

یکی از مهم‌ترین خواص آب، توانایی آن در حل کردن مواد گوناگون است. از سال پیش به یاد دارید که سدیم کلرید (نمک خوراکی) یک ترکیب یونی است. یعنی ترکیبی که بلور آن از کنار هم قرار گرفتن یون‌های مثبت و منفی بسیاری، تشکیل شده است. بلور سدیم کلرید، مطابق شکل ۱۳ شامل شبکه یا مجموعه‌ی منظمی از میلیاردها میلیارد یون مثبت سدیم (Na^+) و میلیاردها میلیارد یون منفی کلرید (Cl^-) است که گردهم آمده‌اند.



(آ)



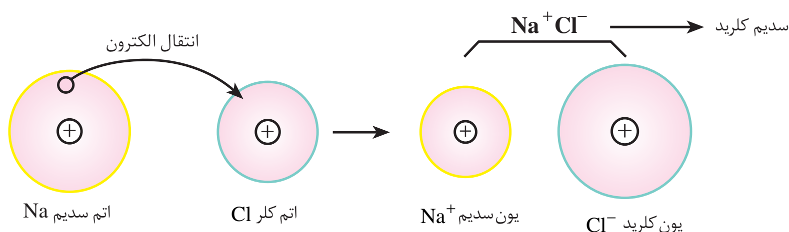
(ب)

شکل ۱۳ آ) بلورهای سدیم کلرید ب) بخشی از شبکه‌ی بلور سدیم کلرید.

آنیون‌ها ذره‌هایی با بار الکتریکی منفی هستند. اگر A نماد شیمیایی یک عنصر باشد، آنیون آن را با نماد A^{n-} نشان می‌دهند. n تعداد الکترون‌هایی است که اتم A گرفته است.

کاتیون‌ها ذره‌هایی با بار الکتریکی مثبت هستند. اگر A نماد شیمیایی یک عنصر باشد، کاتیون آن را با نماد A^{n+} نشان می‌دهند. n مقدار بار الکتریکی کاتیون و تعداد الکترون‌هایی است که اتم A از دست داده است.

می‌دانید که یون‌ها از اتم‌ها به وجود می‌آیند. اتم می‌تواند یک یا چند الکترون از دست بدهد و به یک یون مثبت تبدیل شود یا این که یک یا چند الکترون بگیرد و یک یون منفی به وجود آورد. در سدیم کلرید، اتم سدیم یک الکترون از دست می‌دهد و به یک یون مثبت تبدیل می‌شود. به یون‌های مثبت **کاتیون** می‌گویند. اتم کلر نیز یک الکترون می‌گیرد و به یونی با بار منفی تبدیل می‌شود. به یون‌های منفی **آنیون** می‌گویند. در این جا، اتم کلر از اتم سدیم الکترون می‌گیرد و آنیون کلرید را به وجود می‌آورد، شکل ۱۴.



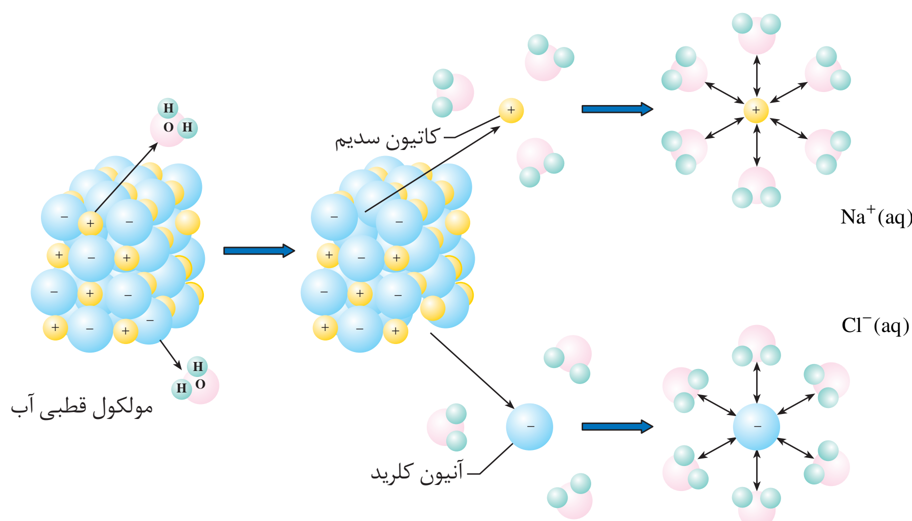
شکل ۱۴ تشکیل یون‌های سدیم و کلرید از اتم‌های سدیم و کلر.



از آن جا که بار الکتریکی این یون ها نا هم نام است، یک دیگر را می ربایند و همان گونه که می دانید پیوند شیمیایی محکمی بین آن ها به‌وجود می آید. به این نوع پیوند شیمیایی **پیوند یونی** می گویند. پیوند یونی نیز مانند پیوند کووالانسی یک نیروی قوی است. در سال آینده با این دو پیوند و ویژگی های آن ها بیش تر آشنا خواهید شد. مطابق شکل ۱۳ـ ب در شبکه ی بلور سدیم کلرید، هر یون Na^+ به وسیله ی یون های Cl^-، و هر یون Cl^- به وسیله ی یون های Na^+ در برگرفته شده است. در این بلور، مجموع بارهای مثبت و منفی با هم برابر است و به همین دلیل بلور نمک خوراکی که آن را با فرمول شیمیایی NaCl نمایش می دهیم، از نظر الکتریکی خنثی است. در سال آینده با ویژگی های ترکیب های یونی نیز بیش تر آشنا خواهید شد.

دو راه برای تشخیص حلال و حل شونده وجود دارد:
۱ـ هر ماده‌ای که به هنگام تشکیل محلول تغییر حالت دهد، حل شونده است. مانند نمک خوراکی که بر اثر حل شدن در آب از حالت جامد به مایع (محلول) تبدیل می شود.
۲ـ اگر هیچ یک از دو جزء تغییر حالت ندهند، ماده‌ای که به مقدار کم‌تر موجود است، حل شونده خواهد بود. در محلول آب و الکل هر دو ماده پیش و پس از مخلوط شدن مایع هستند.

حال اگر یک بلور نمک خوراکی (ماده ی حل شونده) را در آب (حلال) بیندازیم، یون های مثبت شبکه ی بلور به طرف قطبِ منفی، و یون های منفی شبکه به طرف قطب مثبتِ مولکول های آب جذب می شوند. در نتیجه، پیوندهای قوی موجود میان یون های Na^+ و Cl^- گسسته می شود، بلور نمک فرو می ریزد و محلولی از یون های پراکنده ی Na^+ و Cl^- در آب پدید می آید. چنان که در شکل ۱۵ دیده می شود هر یک از این یون ها به وسیله ی تعدادی از مولکول های آب در برگرفته شده است.



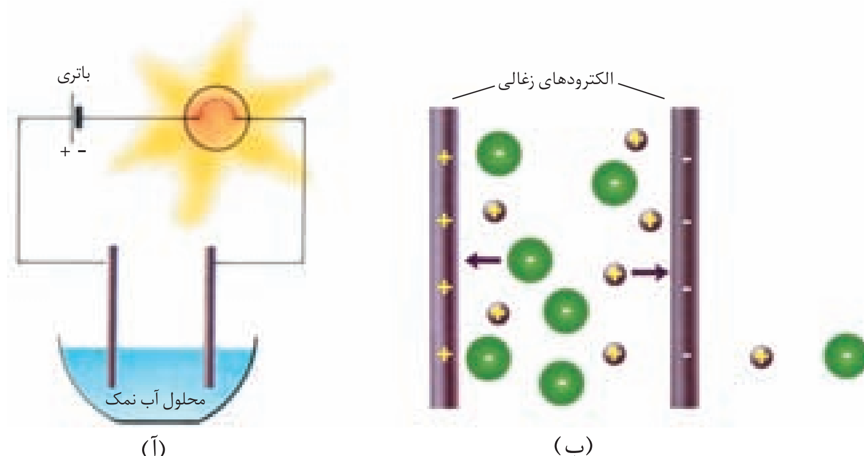
شکل ۱۵ بر هم کنش مولکول های قطبی آب با یون های مثبت و منفی موجود در نمک خوراکی. این بر هم کنش ها موجب حل شدن بلورهای نمک خوراکی در آب می شود.

به یون های احاطه شده با مولکول های آب، یون آبپوشیده می گویند. این یون ها را با نوشتن حروف aq در مقابل نماد شیمیایی آن ها نمایش می دهند. aq کوتاه شده ی واژه ی aqueous به معنای موجود در محلول آبی است.

آب افزون بر بلورهای نمک خوراکی، ترکیب های یونی دیگری را نیز کم‌وبیش در خود حل می کند. به همین دلیل، آب رودخانه یا آب چاه هرگز آب خالص به شمار نمی رود. زیرا، آب رودخانه یا آب های زیرزمینی با عبور از مجاورت سنگ های گچی یا آهکی اندکی از آن ها را در خود حل می کنند. گچ و آهک که ترکیب های یونی کلسیم‌دار هستند کاتیون های Ca^{2+} را به آب وارد می کنند. این یون طعم نامطبوعی به آب می بخشد.

آب و رسانایی الکتریکی

همان‌طور که گفته شد، یون‌های سازنده‌ی ترکیب‌های یونی مانند NaCl ، به هنگام حل شدن در آب از یک دیگر جدا و در سراسر آب پراکنده می‌شوند. حال اگر این محلول را مطابق شکل ۱۶ در یک مدار الکتریکی قرار دهیم، انتظار می‌رود که محلول رسانای جریان برق باشد. زیرا یون‌های مثبتِ محلول (مانند $Na^{+}(aq)$) می‌توانند به طرف قطب منفی، و یون‌های منفیِ محلول (مانند $Cl^{-}(aq)$) به طرف قطب مثبت حرکت کنند (چرا؟) و به این ترتیب جریان برق را در محلول انتقال دهند.



شکل ۱۶ آ) محلول آب نمک رسانای جریان برق است. ب) یون‌ها عامل انتقال جریان برق در محلول‌ها هستند.

جدول ۴ میزان رسانایی آب خالص، آب معمولی و یک سیم مسی را در مقایسه با یک دیگر نشان می‌دهد.

جدول۴ مقایسه‌ی میزان رسانایی الکتریکی آب و مس

نام ماده	میزان نسبی رسانایی
آب خالص	۱
نمونه‌ی آب طبیعی (آب شیر)	۱۰/۰۰۰
فلز مس	۶۴/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰

فکر کنید

چرا میزان رسانایی الکتریکی آب طبیعی بیش‌تر از آب خالص است؟

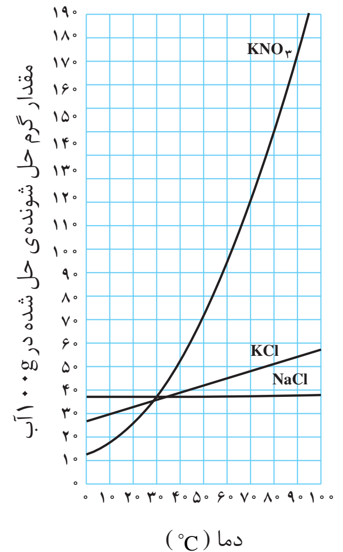


انحلال‌پذیری مواد جامد در آب

همان‌طور که می‌دانید، برای حل شدن مواد گوناگون در مقدار معینی آب در دمای اتاق، محدودیتی وجود دارد. این محدودیت را **انحلال‌پذیری** یا **قابلیت حل شدن** آن ماده مشخص می‌کند. انحلال‌پذیری بیش‌ترین مقدار ماده‌ای است که در یک دمای معین می‌تواند در $100g$ آب حل شود. این مقدار را برحسب گرمِ جسم حل‌شونده در $100g$ آب بیان می‌کنند. برای مثال، انحلال‌پذیری سدیم کلرید در $20^\circ C$، $38g$ در $100g$ آب است. به این معنا که در این دما حداکثر $38g$ سدیم کلرید را می‌توان در $100g$ آب حل کرد.

در شیمی $0^\circ C$ را دمای استاندارد و $25^\circ C$ را دمای اتاق می‌گویند.

بستگی انحلال‌پذیری یک ماده به دما را می‌توان به کمک نموداری نشان داد که **منحنی انحلال‌پذیری** نامیده می‌شود، شکل ۱۷. به کمک این نمودار می‌توان انحلال‌پذیری یک ماده را در هر دمایی به‌دست آورد.



شکل ۱۷ رابطه‌ی میان دما و انحلال‌پذیری در آب

بجاست برای نمونه منحنی انحلال‌پذیری پتاسیم نیترات (KNO_3) را بررسی کنیم. این نمودار می‌رساند که در دمای $80^\circ C$، مقدار $145g$ پتاسیم نیترات در $100g$ آب حل می‌شود و محلول سیر شده‌ای به‌دست می‌آید. بنابراین، انحلال‌پذیری این ماده در $100g$ آب، در‌دمای $80^\circ C$ برابر $145g$ است. هم چنین، مشاهده می شود که انحلال‌پذیری این ماده در $100g$ آب، در دمای $20^\circ C$ حدود $27g$ است.

توجه کنید که منحنی انحلال‌پذیری سدیم کلرید ($NaCl$) تقریباً افقی است، به این معنا که اثر دما بر انحلال‌پذیری سدیم کلرید در آب، بسیار ناچیز است. در واقع می‌توان گفت که انحلال‌پذیری KNO_3 به شدت به دما بستگی دارد. در حالی که، انحلال‌پذیری $NaCl$ بستگی چندانی به دما ندارد.

جایگاه هر نقطه روی منحنی انحلال‌پذیری نمایانگر یک محلول سیر شده در آن دما است. برای مثال، منحنی نشان می‌دهد که در دمای $100^\circ C$، حدود $39g$ سدیم کلرید در $100g$ آب حل می‌شود و یک محلول سیر شده پدید می‌آورد. بدیهی است، هر نقطه ای که جایگاه آن پایین‌تر از منحنی باشد، یک محلول سیر نشده را نشان می دهد. محلول سیر نشده محلولی است که هنوز هم می‌تواند مقدار بیش‌تری سدیم کلرید را در خود حل کند. برای مثال، در دمای $60^\circ C$ محلولی که شامل $80g$ پتاسیم نیترات در $100g$ آب است، یک محلول سیرنشده به شمار می آید. جایگاه این نقطه را روی نمودار شکل ۱۷ مشخص کنید. به نظر شما این نقطه بالاتر یا پایین‌تر از منحنی انحلال‌پذیری KNO_3 قرار می گیرد؟ توضیح دهید.

محلول سیر شده، محلولی است که نمی‌تواند حل‌شونده‌ی بیش‌تری را در خود حل کند.

حال اگر این محلول سیرنشده و داغ را آرام آرام تا $40^\circ C$ ، طوری سرد کنید (حرکت به‌سمت چپ منحنی) که هیچ‌گونه بلور جامدی از آن جدا نشود، در این دما شما به یک **محلول فراسیرشده**‌ی پتاسیم نیترات رسیده‌اید.

فکر کنید

موقعیت این نقطه‌ی فراسیرشده بالاتر یا پایین‌تر از منحنی انحلال‌پذیری KNO_3 قرار دارد؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

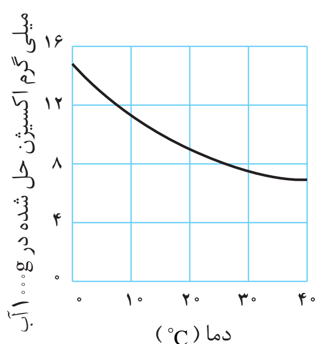
مقدار ماده‌ی حل شده در محلول فراسیرشده، بیش از مقدار آن در محلول سیرشده در همان دما است. به زبان ساده‌تر محلول فراسیرشده بیش از اندازه، حل شونده دارد. به‌همین دلیل اندکی تکان دادن یا ضربه‌زدن به محلول، موجب جدا شدن حل شونده‌ی اضافی از آن می‌شود. در مثال بالا، حدود ۲۵g از بلورهای این ماده جدا و در ته ظرف ته‌نشین می‌شود. محلول باقی‌مانده نیز دارای حدود ۵۵g حل‌شونده (۸۰g − ۲۵g) در هر ۱۰۰g آب است. این محلول شرایط یک محلول سیر شده در ۴۰°C را دارد. برای درک بهتر مطلب، جدول ۵ را بررسی کنید. این جدول مقادیر پتاسیم نیترات را در سه محلول سیرشده، سیرنشده و فراسیرشده در دمای ۲۰°C نشان می‌دهد.

جدول ۵ محلول‌های گوناگونی از KNO_3

نوع محلول‌ها در ۲۰°C	مقدار حل شونده در ۱۰۰g حلال
محلول سیرنشده	کم‌تر از ۲۷g
محلول سیرشده	۲۷g
محلول فراسیرشده	بیش‌تر از ۲۷g

انحلال‌پذیری گازها در آب

می‌دانید که آب می‌تواند بسیاری از گازها را در خود حل کند. نمودار نشان داده شده در شکل ۱۸ مقدار میلی‌گرم اکسیژن حل‌شده در یک کیلوگرم آب را در دماهای بین ۰ تا ۴۰ درجه‌ی سلسیوس نشان می‌دهد.



شکل ۱۸ نمودار تغییر انحلال‌پذیری گاز اکسیژن در آبِ مجاور به هوا با دما

فکر کنید

به کمک این نمودار معین کنید که انحلال‌پذیری اکسیژن در آب در دماهای صفر و ۳۰ درجه‌ی سلسیوس چه‌قدر است؟ از مقایسه‌ی این دو مقدار چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟





خروج گاز به هنگام باز شدن درپوش بطری نوشابه.

همان‌طور که می‌دانید، انحلال‌پذیری گازها در آب تنها تابع تغییر دما نیست، بلکه فشار گاز نیز بر آن مؤثر است. به هنگام باز کردن در بطری نوشابه، حجم زیادی گاز همراه با مقداری نوشابه از بطری بیرون می‌آید، زیرا گاز کربن دی‌اکسید که تحت فشار زیاد در نوشابه حل شده است، با باز شدن درپوش بطری و برداشته شدن فشار، به سرعت از محلول خارج می‌شود. می‌توان گفت که در دمای ثابت، میزان انحلال‌پذیری گازها در آب، با فشار نسبت مستقیم دارد. به این معنا که هرگاه فشار گاز دو برابر شود، مقدار گاز حل شده نیز دو برابر خواهد شد.

فکر کنید

حدس می‌زنید که حجم گاز کربن دی‌اکسید حل‌شده در یک بطری نوشابه چند برابر حجم نوشابه باشد؟ آیا می‌توانید با طراحی و اجرای یک آزمایش درستی یا نادرستی حدس خود را ثابت کنید؟ شرح دهید.

اکسیژن موجود و اکسیژن موردنیاز

تمامی جانداران و از جمله آبزیان برای زنده ماندن پیوسته به گاز اکسیژن (O_2) نیاز دارند. با این مقدمه، می‌توان این پرسش را مطرح کرد: *آیا کمبود گاز اکسیژن حل شده در آب، سبب مرگ و میر ماهی‌ها در رودخانه‌ی رودسار شده است؟* برای تحقیق درباره‌ی این احتمال، باید چند عامل را مورد توجه قرار دهیم. چه مقدار گاز اکسیژن (یا حتی برخی مواد دیگر) در آب حل می‌شود؟ نقش تغییر دما در مقدار اکسیژن حل شده چیست؟ نیاز واقعی هر یک از آبزیان به اکسیژن چه‌قدر است؟

بخشی از اکسیژن مورد نیاز ماهی‌ها و دیگر آبزیان، به طور مستقیم از تماس هوا با سطح آرام آب تأمین می‌شود. بخش اضافی دیگر نیز از طریق برخورد جریان آب با هوا فراهم می‌شود. جویبارها و رودخانه‌ها در مسیر خود با انواع سنگ‌ها برخورد کرده، بالا و پایین می‌روند و در هر حالت با هوا در می‌آمیزد. هم‌چنین، آب به‌شکل موج‌های خروشان به ساحل برخورد می‌کند و مخلوط کف مانندی از آب و هوا پدید می‌آورد. افزون بر این، گیاهان سبز و پلانکتون‌ها از طریق **فوتوسنتز** مقدار زیادی گاز اکسیژن به آب‌های طبیعی می‌افزایند.

پلانکتون‌ها موجودات بسیار کوچکی هستند که در دریاها و اقیانوس‌ها زندگی می‌کنند.

موجوداتی که در آب زندگی می‌کنند، برای دسترسی به اکسیژن حل شده در آب با یک‌دیگر به رقابت می‌پردازند. باکتری‌های مصرف کننده‌ی اکسیژن معروف به **باکتری‌های هوازی**، از فضولات و موادجامد حاصل از جانوران بزرگ‌تر تغذیه می‌کنند. این گونه مواد **زیستْ تخریب‌پذیر** هستند و توسط باکتری‌های هوازی به مواد ساده‌تر تجزیه می‌شوند. حال اگر به آب مقادیر زیادی فاضلاب‌های خانگی و صنعتی وارد شود، باکتری‌ها در آن به

زیستْ تخریب‌پذیر به موادی گفته می‌شود که در محیط زیست به کمک باکتری‌ها به مواد ساده‌تری تجزیه می‌شوند.

سرعت رشد می کنند و تکثیر می یابند. رشد انبوه این باکتری ها نیاز فزاینده به اکسیژن محلول در آب را سبب می شود. نتیجه آن که موجودات آبزی معمولی، از قبیل ماهی ها که نیاز بیش تری به اکسیژن محلول در آب دارند، با رقابت ناخواسته ای درگیر می شوند. بنابراین، افزایش سرسام آور جمعیت باکتری ها حیات آبزیان معمولی را مورد تهدید جدی قرار می دهد.

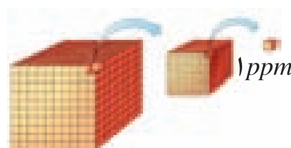
غلظت یک ماده در یک محلول، به مقداری از آن ماده گفته می شود که در مقدار معینی از محلول وجود دارد.

حداقل غلظت اکسیژن محلول در آب که آبزیان برای ادامه ی زندگی به آن نیاز دارند، با نماد DO نشان داده می شود. هر نوعی از آبزیان به آبی با DOی معین نیاز دارند. برای مثال، برخی ماهی ها نمی توانند در آبی زندگی کنند که میزان اکسیژن حل شده ی آن از ۰/۰۰۴g در ۱۰۰۰g محلول کم تر باشد. چون DO را معمولاً برحسب ppm بیان می کنند، بنابراین DO برای این نوع ماهی برابر است با:

DO
کوتاه شده ی
***D**issolved **O**xygen*
به معنای اکسیژن حل شده است.

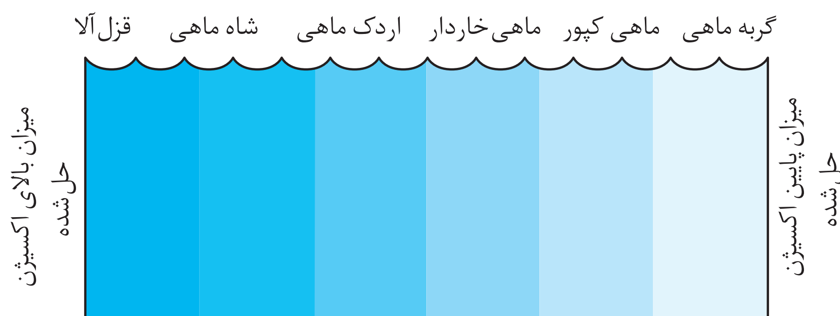
$$DO = \frac{۰/۰۰۴g}{۱۰۰۰g} = \frac{۴}{۱۰۰۰۰۰۰} \Rightarrow DO = ۴ppm$$

ppm
کوتاه شده ی
***p**arts **p**er **m**illion*
به معنای قسمت در میلیون است.



اگرچه این غلظت از اکسیژن محلول، خیلی کم به نظر می رسد، اما همین مقدار برای ادامه ی زندگی ماهی های معمولی لازم و کافی است.

چنان چه غلظت اکسیژن حل شده در آب به دلیلی کاهش یابد، گونه هایی از ماهی ها که نیازمند اکسیژن بیش تری هستند، به مناطق دیگر مهاجرت می کنند و در غیر این صورت تلف می شوند. ماهی های مورد علاقه ی ماهی گیرانی که برای سرگرمی ماهی می گیرند ـ مانند قزل آلا و اردک ماهی ـ از جمله ماهی هایی هستند که به اکسیژن بیش تری نیاز دارند. شکل ۱۹ مقدار DO را برای چند گونه ماهی در مقایسه با یک دیگر نشان می دهد.



شکل ۱۹ مقدار نسبی اکسیژن حل شده در آب که برای زندگی برخی از انواع ماهی ها مناسب است.

آلودگی گرمایی آب های طبیعی

می دانید که دمای آب بر مقدار اکسیژن حل شده و قابل دسترسی آبزیان، تأثیر زیادی دارد. هم چنین می دانید که ماهی ها جانورانی خونسرد هستند. به عبارت دیگر دمای بدن این موجودات با تغییر دمای محیط بالا و پایین می رود. بنابراین، با افزایش دمای آبِ رودخانه،



دمای بدن ماهی‌ها نیز زیاد می‌شود و به‌این‌ترتیب، سرعت واکنش‌های سوخت و ساز در اندام‌های آن‌ها افزایش می‌یابد. نتیجه آن که ماهی‌ها فعال‌تر شده، سریع‌تر شنا می‌کنند و غذای بیش‌تری می‌خورند. بدیهی است، این تغییر موجب افزایش مصرف اکسیژن محلول در آب می‌شود. از سوی دیگر، با بالا رفتن دمای آب، فعالیت باکتری‌های هوازی موجود در آن افزایش می‌یابد و به این ترتیب اکسیژن بیش‌تری را مصرف می‌کنند(میزان DO ی لازم برای آن‌ها بالا می‌رود).

واکنش‌های سوخت و ساز مجموعه واکنش‌هایی هستند که در بدن موجودات زنده انجام می‌شوند. سوختن مواد قندی برای تأمین انرژی و ساختن موادی مانند چربی‌ها و پروتیین‌های بدن از این جمله‌اند.

در ماه‌های گرم تابستان، رقابت میان موجودات زنده‌ی آبزی از قبیل ماهی‌ها و باکتری‌ها برای دسترسی به اکسیژن محلول افزایش می‌یابد و به مرز حساسی می‌رسد. از سوی دیگر می‌دانیم که در فصل تابستان، آب گرم‌تر است و مقدار کم‌تری اکسیژن در خود حل می‌کند. به همین دلیل، گاهی در روزهای گرم تابستان با صحنه‌های دلخراش مرگ‌ومیر صدها ماهی روبه‌رو می‌شویم که دچار کمبود اکسیژن و خفگی شده‌اند.جدول ۶ بالاترین دمایی را نشان می‌دهد که برای برخی ماهی‌ها قابل تحمل است.

تحقیق تجربی نشان داده است که ۱۰°C افزایش دما، سرعت بسیاری از واکنش‌های شیمیایی را تا تقریباً دوبرابر افزایش می‌دهد و ۱۰°C کاهش دما، این سرعت را به‌نصف می‌رساند.

جدول ۶ بالاترین دمای مناسب برای زندگی برخی از انواع ماهی‌ها در آب

نوع ماهی	بیش‌ترین دمای مناسب (°C)
قزل‌آلا	۱۵
اردک ماهی	۲۴
ماهی کپور	۳۲
گربه ماهی	۳۴

گاهی فعالیت‌های صنعتی و دستکاری‌های انسان در طبیعت موجب می‌شود که دمای رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و دریاها بالا برود. بسیاری از مجتمع‌های صنعتی برای راه‌اندازی سیستم‌های خنک کننده‌ی خود به مقادیر زیادی آب نیازمندند. برای مثال یک نیروگاه، آب خنک را از رودخانه‌ها و دریاها می‌گیرد و آن را وارد دستگاه تبادلگر گرمایی خود می‌کند. این آب پس از آن که دستگاه را خنک کرد، خود گرم می‌شود و دوباره به رودخانه و دریا برمی‌گردد. پدیده‌ی آلودگی گرمایی حاصل از دستکاری انسان در آب‌های طبیعی، موجب اختلال در توازن فعالیت‌های بسیاری از آبزیان می‌شود. یکی از نگرانی‌های بزرگ مسئولان حفاظت محیط زیست همین مسأله‌ی آلودگی گرمایی آب‌ها و شناخت راه و روش‌های جلوگیری از آن است. حال که ما در پی حل معمای رودسار هستیم، با آگاهی از نقش مخرب آلودگی گرمایی آب‌های طبیعی، حتماً در این اندیشه خواهیم بود که شاید کلید حل این معما در بالا رفتن دمای آب رودخانه و کاهش میزان اکسیژن محلول در آن نهفته باشد. برای داوری در این مورد، نیازمندِ دسترسی به داده‌ها و اطلاعات مستند، درباره‌ی تغییرات دمای آب رودخانه‌ی رودسار در روزهای پیش و پس از حادثه هستیم.

به هر چیزی که وجود مقدار زیاد آن باعث آزار شود و سلامتی انسان و دیگر جانداران را تهدید کند، آلودگی می‌گویند.

هم‌چون دانشمندان

با نظر معلم خود به گروه‌های ۴ یا ۵ نفری تقسیم شوید. تمامی گروه‌ها، نوشته‌ی زیر را بخوانند و از داده‌های آن برای انجام فعالیت استفاده کنند. پس از پایان کار، نظرهای هر گروه در کلاس مطرح شود و مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. هدف از این کار کسب مهارت در کشف نظام و تفسیر داده‌ها به منظور حل مسایل و معماهاست.

گام نخست : یک کارشناس اداره‌ی بهداشت شهر رودسار تغییرات میزان اکسیژن حل شده در آب را طی ۱۸ ماه گذشته اندازه‌گیری و ثبت کرده است. این کارشناس همه روزه ساعت ۹ صبح از عمق نیم‌متری سطح آبِ رودخانه، در نقطه‌ی معینی زیر پل، جنب بیمارستانِ شهر، نمونه گرفته است و افزون بر اندازه‌گیری میزان اکسیژن حل‌شده، دمای آب رودخانه را نیز ثبت کرده است.

اکنون به کمک داده های ارایه شده در جدول‌های ۷ و ۸ ،دما و مقدار اکسیژن حل شده در آب رودخانه را در سال ۱۳۷۸ و سه ماهه‌ی دوم سال ۱۳۷۹ با هم مقایسه کنید و سپس دیدگاه گروه خود را در باره ی هر یک ازپرسش های مطرح شده، به کلاس ارایه کنید.

۱ـ آ) مقدار اکسیژن حل شده در ماه‌های آذر و خرداد را مقایسه کنید. این تفاوت را چگونه توجیه می کنید؟

ب) تشابه مقدار اکسیژن حل‌شده را در ماه‌های اسفند و آبان چگونه توجیه می کنید؟

۲ـ میانگین دما و غلظت اکسیژن محلول را در مرداد سال ۱۳۷۹ با مرداد سال ۱۳۷۸ مقایسه کنید. چه دلایلی برای توجیه این تفاوت ها حدس می‌زنید؟

جدول ۷ مقدار اکسیژن حل شده در آب رودخانه‌ی رودسار در سال ۱۳۷۸

ماه	میانگین دمای آب رودخانه ($^\circ C$)	مقدار اکسیژن حل شده (ppm)
فروردین	۸	۱۰/۶
اردیبهشت	۹	۱۰/۴
خرداد	۱۱	۹/۸
تیر	۱۹	۹/۲
مرداد	۲۰	۹/۲
شهریور	۱۹	۹/۲
مهر	۱۱	۱۰/۶
آبان	۷	۱۱/۰
آذر	۷	۱۱/۰
دی	۲	۱۲/۷
بهمن	۳	۱۲/۵
اسفند	۷	۱۱/۰



جدول۸ مقدار اکسیژن حل شده در آب رودخانه‌ی رودسار در تابستان ۱۳۷۹

ماه	میانگین دمای آب ($^\circ C$)	مقدار اکسیژن حل شده (ppm)
تیر	۱۴	۱۰/۲
مرداد	۱۶	۹/۶
شهریور	۱۸	۹/۶

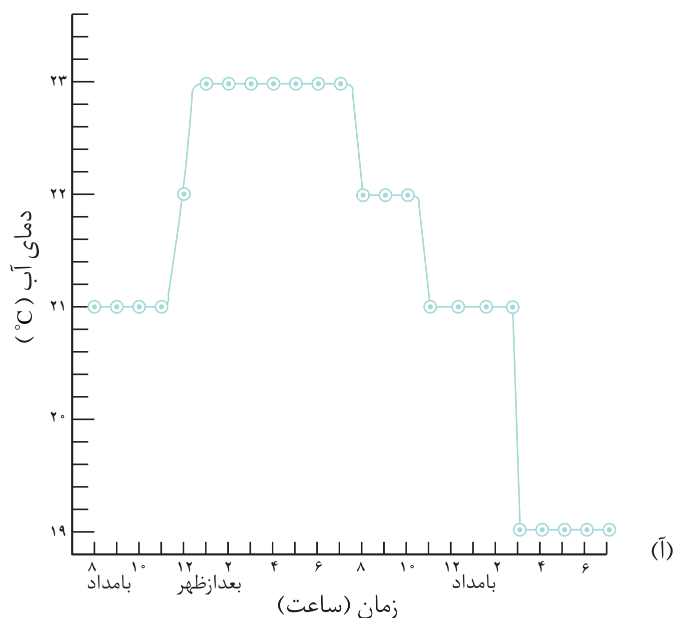
گام دوم : در پی حادثه‌ی رودسار، در تیر ماه **۱۳۷۹**، اداره‌ی بهداشت از سازمان حفاظت محیط زیست تقاضای کمک کرد تا آب رودخانه‌ی رودسار را ساعت به ساعت مورد آزمایش قرار دهد. این سازمان یک کارشناس شیمی خود را مأمور کرد که نمونه‌برداری و اندازه‌گیری میزان اکسیژن حل شده را انجام دهد. هدف، تشخیص تغییرات کوتاه مدت دما و مقدار اکسیژن حل شده در یک شبانه‌روز بود. این کارشناس برای جلوگیری از تغییر شرایط، اکسیژن حل شده را در همان نقطه‌ی اولیه زیر پل جنب بیمارستان اندازه‌گیری کرد و یافته‌های خود را در گزارش ارایه داد، جدول ۹ و نمودارهای (آ) و (ب)ی شکل ۲۰.

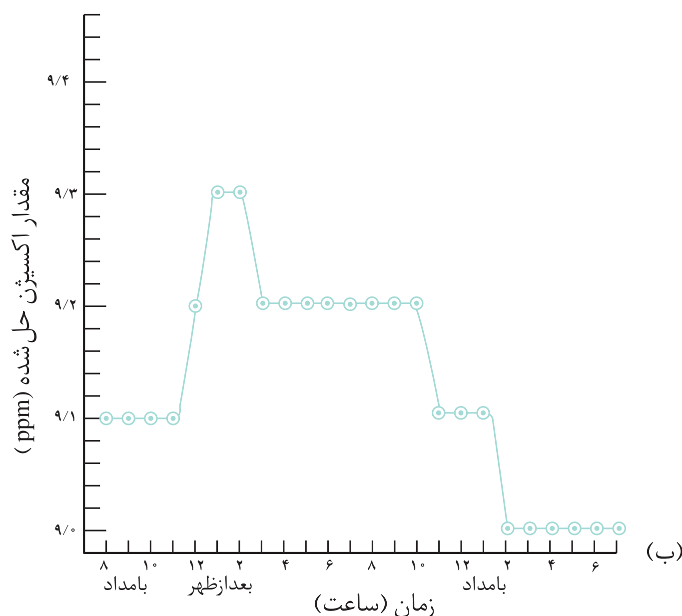
جدول۹ دما و مقدار اکسیژن حل‌شده در آب رودخانه‌ی‌رودسار در روز شنبه ۱ مرداد سال ۱۳۷۹

زمان	مقدار اکسیژن حل شده (ppm)	دمای آب ($^\circ C$)
۸ بامداد	۹/۱	۲۱
۹	۹/۱	۲۱
۱۰	۹/۱	۲۱
۱۱	۹/۱	۲۱
۱۲	۹/۲	۲۲
۱ بعدازظهر	۹/۳	۲۳
۲	۹/۳	۲۳
۳	۹/۲	۲۳
۴	۹/۲	۲۳
۵	۹/۲	۲۳
۶	۹/۲	۲۳
۷	۹/۲	۲۳
۸	۹/۲	۲۳
۹	۹/۲	۲۲
۱۰	۹/۲	۲۲
۱۱	۹/۱	۲۱
۱۲	۹/۱	۲۱
۱ بامداد	۹/۱	۲۱
۲	۹/۰	۲۱
۳	۹/۰	۱۹
۴	۹/۰	۱۹
۵	۹/۰	۱۹
۶	۹/۰	۱۹
۷	۹/۰	۱۹

۱ـ آ) این دو نمودار را با هم مقایسه کنید. آیا نوعی نظام در هر یک از آن‌ها دیده می‌شود؟ ب) نظام مشاهده شده را تفسیر کنید. پ) مقادیر اکسیژن حل شده را در روز روشن و شب هنگام مقایسه کنید. این تفاوت را چگونه توجیه می کنید؟

۲ـ میانگین دمای آب، هم‌چنین میانگین مقدار اکسیژن حل شده را برای این روز محاسبه کنید.





شکل۲۰ نمودار آ) تغییر دما و ب) تغییر مقدار اکسیژن حل شده در آب رودخانه‌ی رودسار در یک روز



با انجام آزمایش و اندازه گیری می توان پی برد که در دمای معین چه مقدار گاز اکسیژن (O_2) برای تهیه ی یک محلول سیرشده در آب، لازم است.

ستون چهارم جدول ۱۰ مقدار واقعی اکسیژن حل شده موجود در آب رودسار را در سه ساعت از یک روزِ نزدیک به روز حادثه نشان می دهد. ستون سوم نیز مقدار اکسیژن حل شده ی لازم برای سیر کردن آب را در دماهای مشخص شده، نشان می دهد.

جدول ۱۰ دما و مقدار اکسیژن حل شده در آب رودخانه ی رودسار در سه ساعت از روز شنبه ۱ مرداد سال ۱۳۷۹ در مقایسه با مقدار اکسیژن لازم برای تهیه یک محلول سیر شده در همان دما.

ساعت	دمای آب ($^\circ C$)	مقدار اکسیژن حل شده ی لازم برای تهیه ی یک محلول سیر شده (ppm)	مقدار اکسیژن حل شده ی موجود در آب رودسار (ppm)
۸ بامداد	۲۱	۹/۰	۹/۱
۱ بعدازظهر	۲۳	۸/۸	۹/۳
۸ بعدازظهر	۲۳	۸/۸	۹/۲

با توجه به داده های این جدول، آیا می توان نتیجه گرفت که عامل کشتار ماهی ها در رودسار احتمالاً کمبود اکسیژن در آب رودخانه بوده است؟ چرا؟

تا کنون نتوانسته ایم راز مرگ و میر ماهی ها را در رودسار آشکار کنیم. اکنون باید حدس دیگری بزنیم، شاید میزان خاصیت اسیدی آب رودخانه به علت آلوده شدن آن با برخی گازهای اسیدی موجود در هوا، تغییر کرده باشد؟!

آلاینده های اسیدی و تغییر pH آب

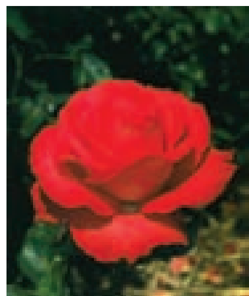
اکنون به قلمرو دیگری از دسته بندی خواص شیمیایی می پردازیم. قلمرویی که نقش مهمی در تعیین کیفیت آب و زندگی آبزیان دارد و به احتمال اسیدی، بازی یا خنثی بودن آب های طبیعی مربوط می شود.

اسیدها ترش مزه اند و بازها مزه ی تلخی دارند. ویتامین «ث» یک اسید و مایع درون پوست پرتقال یک باز یا ماده ی قلیایی است.

در سال پیش اطلاعات اندکی درباره ی اسیدها و بازها به دست آوردید. می دانید که این مواد از روی ویژگی های خاص خود به آسانی شناسایی می شوند. برای مثال، شناساگر معروفی به نام لیتموس (تورنُسل) که اغلب به صورت نوار کاغذی باریکی به فروش می رسد، در محلول های بازی به رنگ آبی و در محلول های اسیدی به رنگ سرخ درمی آید. عصاره ی کلم سرخ یا گلبرگ های گل بنفشه و گل سرخ نیز شناساگرهای دیگری برای مواد اسیدی و بازی هستند.

شناسایی با گل‌ها!

چند گلبرگ گل سرخ را روی کاغذ بکشید تا یک زمینه‌ی رنگی فراهم شود. یک قطره آب لیمو و اندکی جوش شیرینِ مرطوب در دو جای مختلف این زمینه‌ی رنگی بریزید و تغییر رنگ‌های جالب پدید آمده را مشاهده کنید. این کار را با گل‌های دیگری تکرار کنید و نتایج کار خود را در کلاس ارایه دهید.آیا می‌توان از روی تغییر رنگ مشاهده شده به اسید یا باز بودن یک ماده‌ی ناشناخته پی برد؟ توضیح دهید.



رنگ موجود در گلبرگ‌های این گل سرخ زیبا یک شناساگر اسید و باز است.

جدول ۱۱، اطلاعاتی درباره‌ی برخی اسیدها و بازهای معروف در اختیار شما قرار می‌دهد.

جدول ۱۱ نام، فرمول شیمیایی و برخی از کاربرد های چند اسید و باز آشنا

اسید	فرمول	برخی ویژگی‌ها و کاربردها
کربنیک اسید	H_2CO_3	از حل شدن گاز CO_2 در آب به‌وجود می‌آید. در نوشابه‌ی گازدار و در آب باران یافت می‌شود.
هیدروکلریک اسید	HCl	معروف به جوهر نمک است. محلول رقیق آن در تمیز کردن دست‌شویی و باز کردن گرفتگی مجرای فاضلاب مصرف دارد.
نیتریک اسید	HNO_3	معروف به جوهرشوره است. در ساختن کودهای نیتروژن‌دار، رنگ‌ها و مواد منفجره مانند TNT کاربرد دارد.
فسفریک اسید	H_3PO_4	در ساختن کودهای فسفردار و مواد شوینده کاربرد دارد.
سولفوریک اسید	H_2SO_4	معروف به جوهر گوگرد است و محلول رقیق آن در باتری خودروها به کار می‌رود.



نواری کاغذی آغشته به مخلوطی از چند شناساگر که به عنوان شناساگر عمومی شناخته می‌شود. از روی تغییر رنگ این نوار کاغذی pH یک محلول معین می‌شود.

بازها	فرمول	برخی ویژگی‌ها و کاربردها
سدیم هیدروکسید	NaOH	معروف به سودسوزآور است. ترکیب آن با چربی‌های حیوانی، صابون معمولی را پدید می‌آورد. برای باز کردن مجرای فاضلاب ، در تولید ابریشم مصنوعی و خمیر کاغذ به کار می‌رود.
پتاسیم هیدروکسید	KOH	معروف به پتاس سوزآور است. در ساختن صابون مایع و باتری‌های قلیایی (آلکالاین) کاربرد دارد.
کلسیم هیدروکسید	$Ca(OH)_2$	از ریختن آب بر آهک به‌دست می‌آید (آهک شکفته، شیر آهک یا آب آهک). در ساختن ملات، سیمان و تهیه‌ی خمیر کاغذ کاربرد دارد.
منیزیم هیدروکسید	$Mg(OH)_2$	ماده‌ی اصلی شیر منیزی معروف به ضد اسید که برای خنثی کردن اسید معده به کار می‌رود.

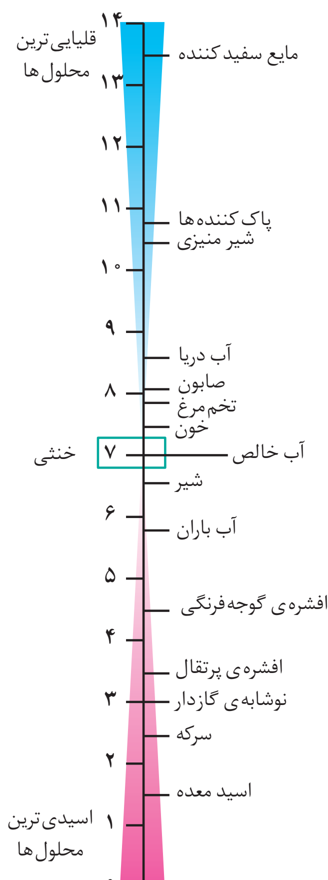


مولکول آب (HOH) هم اتم هیدروژن و هم گروه هیدروکسید دارد. به این علت هم باز و هم اسید است. از این رو آب جزو مواد خنثی دسته‌بندی می‌شود.

همان‌طور که از جدول ۱۱ برمی‌آید، اغلب اسیدها در فرمول شیمیایی خود یک یا چند اتم هیدروژن (H) دارند، مانند HCl و H_2SO_4 . در حالی که اغلب بازها در فرمول شیمیایی خود دارای یک یا چند گروه هیدروکسید (OH) هستند.

برخی مواد که خواص اسیدی یا بازی ندارند، در قلمرو مواد خنثی قرار می‌گیرند. آب خالص، آب نمک و آب قند موادی خنثی هستند.

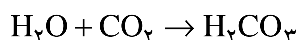
به یاد دارید که خواص اسیدی و بازی محلول‌ها را به‌وسیله‌ی نوعی مقیاس به نام pH می‌سنجند. این مقیاس که در دمای اتاق گستره‌ای از صفر تا ۱۴ را در بر می‌گیرد می‌تواند میزان اسیدی و بازی بودن ترکیب‌های بسیاری را معین کند. برای مثال، pH محلول غلیظ هیدروکلریک اسید (HCl) در حدود صفر و محلول غلیظ سدیم هیدروکسید (NaOH) در حدود ۱۴ است. در حالی که pH آب خالص در دمای اتاق برابر ۷ است. این خود از خنثی‌بودن آب حکایت می‌کند. pH برخی موادِ آشنا در شکل ۲۱ ارایه شده است.



شکل ۲۱ pH برخی از مواد آشنا

به‌طورکلی pH محلول‌های اسیدی از صفر تا ۷ ، و pH محلول‌های بازی از ۷ تا ۱۴ است. سازمان‌های جهانی حفاظت محیط زیست، حدود pH آب آشامیدنی سالم را در گستره‌ی ۶/۵ تا ۸/۵ در نظر گرفته‌اند.

آب باران اندکی اسیدی است، زیرا این آب مقادیر کمی از گاز کربن دی‌اکسید هوا را درخود حل می‌کند و کربنیک اسید رقیق پدید می‌آورد.



$$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3$$

بنابراین pH آب باران معمولاً اندکی کم‌تر از ۷ است. بدیهی است، با جریان یافتن آب باران در بستر جویبارها و رودخانه‌ها، موادی در آن حل می‌شوند که ممکن است pH آب را بالا ببرند و اندکی خصلت بازی به آن ببخشند.

در دنیای صنعتی امروز،به علت رعایت نشدن کامل مقررات و ضوابط حفاظت محیط‌زیست، ممکن است pH آب طبیعی به شدت تحت تأثیر قرار گیرد و با ورود پساب اسیدی و فاضلاب برخی کارخانه‌ها به آب‌های طبیعی pH آب کاهش یابد.

بسیاری از ماهی‌ها توان ادامه‌ی زندگی را در گستره‌ی pH از ۵ تا ۹ دارند. گرچه گستره‌ی محدودتر pH (مانند ۶/۵ تا ۸/۲) برای ادامه‌ی زندگی بسیاری از ماهی‌های مورد علاقه‌ی ماهی‌گیران، مناسب‌تر است.

با کسب این دانستنی‌ها و با اطلاع از pH آب رودخانه‌ی رودسار در روز حادثه، به آسانی می‌توان درباره‌ی پاسخ این پرسش داوری کرد که آیا آلاینده‌های اسیدی، موجب مرگ‌ومیر ماهی‌ها شده‌اند یا خیر؟

فکر کنید

یافته‌های حاصل از انجام آزمایش‌های متعدد، pH آب رودسار را در زمان وقوع حادثه بین ۶/۷ تا ۶/۹ نشان می‌دهد. آیا می‌توان ورود احتمالی آلاینده‌های اسیدی را به رودخانه‌ی رودسار عامل اصلی بروز حادثه دانست؟

به این ترتیب مسأله‌ی تغییرات احتمالی pH را از پیش‌بینی‌های خود حذف می‌کنیم و باید در پی عامل احتمالی دیگری باشیم.

عامل مهم بعدی برای توجیه حادثه‌ی رودسار، حضور احتمالی برخی کاتیون‌های آلاینده معروف به **کاتیون‌های سنگین** است. این آلاینده‌ها یون‌های جیوه (Hg^{2+})، سرب (Pb^{2+}) و کادمیم (Cd^{2+}) را شامل می‌شوند.

آلودگی آب توسط کاتیون‌های سنگین

یون‌های فلزهایی مانند آهن (Fe)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg) برای فعالیت‌های زیستی و بهداشتی بدن، اهمیت فراوانی دارند. در حدود ۱۰٪ از نیاز ما به این عنصرها از طریق مواد معدنیِ محلول در آب، برآورده می‌شود. عنصرهای فلزی دیگری که به **فلزهای سنگین** معروفند نیز می‌توانند به صورت یونِ محلول در آب، وجود داشته باشند. کاتیون‌های جیوه (Hg^{2+})، سرب (Pb^{2+}) و کادمیم (Cd^{2+}) از این جمله اند. این کاتیون‌ها به پروتیین‌های بدن می‌پیوندند و مانع از انجام اعمال زیستی آن‌ها می‌شوند. نتیجه آن که، به سیستم عصبی، کبد، کلیه و دیگر اندام‌ها آسیب‌های جدی وارد می‌کنند. از آن جا که این سه عنصر کاربردهای زیادی در زندگی و صنعت دارند، ممکن است مقادیر ناچیزی از آن‌ها از طریق پساب‌های صنعتی به منابع آب وارد شوند و به طور مستقیم یا غیرمستقیم به بدن انسان راه یابند.

بیش تر بدانید

بخش عمده‌ی منبع آلودگی با فلز سرب (Pb) و کاتیون آن (Pb^{2+}) از فعالیت‌های صنعتی و گسترش فناوری در زندگی انسان ناشی می‌شود. سرب و ترکیب‌های آن در بنزین، باتری خودروها، فلز لحیم‌کاری، رنگ‌های روغنی سرب‌دار و آفت‌کش‌ها کاربرد دارد. هم‌چنین ما در همه‌جا شاهد به کاربردن اکسیدسرخ رنگ سرب به‌عنوان ضد زنگ هستیم تا به این وسیله از زنگ زدن اسکلت‌های فلزی جلوگیری شود.

جیوه (Hg) که تنها فلز مایع در دمای اتاق است، کاربردهای مهمی در زندگی و صنعت دارد. لامپ‌های مهتابی و دماسنج‌های آزمایشگاهی دارای جیوه‌اند. چنان‌چه یک دماسنج طبی در منزل بشکند، باید به هر شیوه‌ی ممکن قطره‌های ریز جیوه‌ی پخش شده را فوری جمع کرد و دور ریخت تا از پراکنده‌شدن بخارهای سمی و خطرناک آن در فضای اتاق جلوگیری شود. ترکیب‌های جیوه در ساختن مرکوروکروم (داروی سرخ رنگی که در گذشته برای ضدعفونی کردن زخم‌ها به‌کار می‌رفت)، قارچ‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها به کار می‌روند. چنان‌چه جیوه و ترکیب‌های آن که در برخی پساب‌های صنعتی وجود دارند به آب‌های طبیعی راه یابد، در بستر رودخانه و دریاچه ته‌نشین می‌شوند و سپس، به‌وسیله‌ی برخی **باکتری‌های بی‌هوازی** (که نیازی به اکسیژن آزاد و محلول در آب ندارند) به نوعی ترکیب‌های سمی جیوه‌ی محلول در آب تبدیل می‌شوند. تغذیه‌ی ماهی‌ها در این آب‌های آلوده موجب پیدایش مسمومیت شدید در ماهی و سپس انسان می‌شود.



خواص فلز کادمیم (Cd) مانند فلز روی (Zn) است و ترکیب های این دو عنصر اغلب آمیخته با هم در یک معدن دیده می‌شوند. آهن سفید که برای ساختن شیروانی‌ها و کانال‌های کولر به‌کار می‌رود، ورق نازک آهن است که با لایه‌ی نازکی از فلز روی پوشانده شده است. این لایه، محافظ آهن است و از زنگ زدن آهن جلوگیری می‌کند. فلز روی مصرف شده در این‌جا، در حدود ۱ ٪ کادمیم دارد. کادمیم در ساختن برخی باتری‌ها نیز کاربرد دارد. این عنصر بسیار سمی است. یون‌های کادمیم (Cd^{2+}) در صورت ادامه‌ی آلودگی محیط زندگی، به‌مرور زمان در کلیه و کبد مستقر می‌شوند و به آن‌ها آسیب می‌رسانند. گاهی یون‌های کادمیم (Cd^{2+}) جایگزین یون‌های کلسیم (Ca^{2+}) در استخوان شده، ناهنجاری‌های استخوانی دردناکی را به‌وجود می‌آورند. این گونه ناراحتی‌ها در میان کارگران معادن روی دیده شده است. اگرچه آب‌های آشامیدنی، دارای مقادیر ناچیزی یون کادمیم هستند، اما مقدار آن در این آب‌ها کم‌تر از میزان خطرناک است. دود سیگار نیز مقادیر ناچیزی کادمیم دارد.

پس از کشتار ماهی ها در رودسار، کارشناس های اداره ی بهداشت، سازمان حفاظت محیط زیست، شیمیدان ها و کارشناس های سازمان آب در همکاری خود برای کشف راز این حادثه، داده های فراوانی را درباره ی مقدار برخی یون های موجود در رودخانه ی رودسار طی مدت ۴ ماه نخست سال ۱۳۷۹ جمع آوری و ارایه کردند. آن ها داده های یاد شده را در جدولی مانند جدول ۱۲ کنار داده های مربوط به حد مجاز غلظت یون های یاد شده که توسط سازمان حفاظت محیط زیست اعلام شده است، قراردادند.

جدول ۱۲ مقدار برخی یون های سنگین موجود در آب رودخانه ی رودسار در ۴ ماه نخست سال ۱۳۷۹

نوع یون	مقدار در ۴ ماهه‌ی گذشته (ppm)	مقدار فعلی اندازه‌گیری شده در روز یکشنبه ۲ مرداد (ppm)	حد مجاز برای آبزیان (ppm)	حد مجاز برای انسان (ppm)
کادمیم	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۴۴	۰/۰۱
سرب	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۷۴	۰/۰۵
جیوه	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۱	۰/۰۵

فکر کنید

۱ـ غلظت کدام یون یا یون ها نسبت به ۴ ماه یاد شده کاهش یافته است؟

۲ـ غلظت کدام یون یا یون ها نسبت به ۴ ماه یاد شده افزایش یافته است؟

۳ـ **ضریبِ خطر** یون های سنگین را برای ادامه ی زندگی آبزیان در رودخانه، با رابطه ی زیر به‌دست آورید:

$$\text{ضریبِ خطر} = \frac{\text{مقدار یون های موجود}}{\text{مقدار مجاز اعلام شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست}}$$

هر یک از یون‌های موجود در آب رودخانه که غلظت آن‌ها از مقدار مجاز اعلام شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست تجاوز کند، دارای ضریب خطری بالاتر از ۱ است. یون‌هایی که غلظت آن‌ها پایین‌تر از حد مجاز سازمان حفاظت محیط‌زیست است، ضریب خطر کم‌تر از ۱ دارند.

۴ـ کدام یون بالاترین ضریب خطر را برای زندگی آبزیان دارد؟

۵ ـ ضریب خطر این یون‌ها برای زندگی انسان چه‌قدر است؟

۶ـ آیا شهروندان رودسار باید نگران خطرهای ناشی از افزایش کاتیون‌های سنگین باشند؟



کاوش‌های گسترده‌تر که توسط نمایندگان اداره‌ی بهداشت و سازمان حفاظت محیط‌زیست انجام گرفت، همگان را متقاعد کرد که نباید علت مرگ‌ومیر ماهی‌های رودسار را به افزایش احتمالی هر گونه یون خطرناک نسبت داد. بنابراین، حکایت هم چنان باقی است! اگرچه با بسیاری از دانستنی‌ها و مهارت‌های علمی آشنا شدید، اما معمای رودسار هنوز پاسخ علمی و منطقی خود را نیافته است! پس باید به تلاش خود ادامه دهیم.

تأمین آب آشامیدنی

انسان از گذشته های دور، بدون نگرانی یا شاید ناآگاهی از آلودگی، آب آشامیدنی مورد نیاز خود را از نزدیک‌ترین جویبار، رودخانه، برکه، چاه و حتی آبگیرهای دست ساخته و روباز تهیه می‌کرد. او فضولات انسانی را در چاه‌هایی انبار و پس از مدتی همراه فضولات جانوری به‌عنوان کود به مصرف می‌رساند. پساب‌های دست‌شویی خانه و فضولات معمولی را نیز اغلب در همان جویبارها می‌ریخت. جالب است که انسان‌های دیگری در پایین دست این زیستگاه، از همین آب‌ها برای آشامیدن و فعالیت‌های روزمره‌ی خود استفاده می‌کردند. چنین امری، هم اکنون نیز در بسیاری از کشورهای جهان سوم یا کم توسعه یافته ادامه دارد.

همان‌طور که دیدید، باکتری‌ها توان تجزیه‌ی فضولات انسانی، گیاهی و جانوری را دارند و با انجام نوعی پالایش آهسته، همه‌چیز را وارد چرخه‌ی طبیعی می‌کنند. اما، با افزایش روزافزون جمعیت و گسترش کارگاه‌ها، کارخانه‌ها، دامداری‌ها و مزارع از یک سو، و رعایت نکردن ملاک‌های حفاظت منابع آبی و زیست محیطی از سوی دیگر، نوعی نابرابری میان میزان گسترش آلودگی‌ها و توان طبیعت در تصفیه یا پالایش آب‌ها پدید آورده است. بدیهی است، در این شرایط بیماری‌هایی هم‌چون حصبه، وبا، اسهال و برخی نارسایی‌های کبدی از طریق آب‌های آلوده گسترش می‌یابد و ما را ناگزیر می‌کند از برخی مواد شیمیایی گندزدا هم‌چون کلر استفاده کنیم. سامان دادن به مسایل کیفی و کمی آب در جهانی که هر روز بر جمعیت آن افزوده می‌شود و فناوری در آن با سرعتی سرسام آور گسترش می‌یابد، نیازمند کسب نگرش مثبت نسبت به اهمیت حفاظت منابع آبی، شناخت راهکارهای تصفیه‌ی آب‌های طبیعی در مقیاس خرد و کلان، زدودن مواد آلاینده‌ی صنعتی و سرانجام بازگردانی آب دست کم برای مصارف صنعتی، کشاورزی و دستگاه‌های خنک کننده است.



تصفیه‌ی طبیعی آب

فرآیندهای اصلی تصفیه‌ی طبیعی آب را می‌توان به‌صورت زیر شرح داد:

* جدا شدن تقریباً کاملِ مواد اولیه‌ی حل شده در آب به هنگام تشکیل برف و باران.
* تجزیه ی برخی از مواد محلول و شناور در آب به مواد ساده تر به کمک باکتری ها.
* جدا شدن همه ی مواد معلق موجود در آب به هنگام عبور آن از میان سنگریزه ها و ماسه های موجود در دل زمین.

حال، آیا انسان می‌تواند تنها به فرآیندهای تصفیه‌ی طبیعی آب اکتفا کند؟ بی‌تردید پاسخ منفی است. زیرا از یک سو، فرآیندهای یاد شده بسیار آهسته‌اند و پاسخ‌گوی نیازهای فوری و بسیار متنوعِ جمعیت امروز کره‌ی زمین نیستند و از سوی دیگر، انسان انواع دستکاری ها را در طبیعت انجام می‌دهد، آن را آلوده می کند، نظم آن را به هم می‌زند و مانع جریان عادی فرآیندهای طبیعی می‌شود.

چنان چه pH آب باران از ۷ پایین‌تر بیاید و اسیدی شود، سنگ های زیرزمینی اندکی در آن حل می شوند و یون‌هایی مانند Ca^{2+}، Mg^{2+} و Fe^{2+} را به آب‌های طبیعی وارد می کنند. در نتیجه به جای تصفیه‌ی طبیعی، فرآیند آلوده شدن طبیعی پیشی می گیرد.

آبی را که دارای نسبت قابل ملاحظه‌ای از یون های یاد شده باشد، **آب سخت** می‌نامند. سختی آب مانع از کف کردن صابون در آن می‌شود و مشکلات فراوانی برای انسان در زندگی و در صنعت به وجود می‌آورد. فرآیندهای زدودن یون های یاد شده از آب سخت را **نرم کردن** آب می گویند. صابون در آب نرم به‌راحتی کف می کند.

آب سخت و روش‌های نرم کردن آن

همان‌طور که گفته شد، عبور آب باران و دیگر آب‌های طبیعی دارای گاز کربن دی‌اکسید روی سنگ‌های آهکی، باعث حل شدن تدریجی آن‌ها می‌شود. این واکنش طبیعی بسیار آهسته صورت می گیرد و در آن کلسیم کربنات مطابق معادله‌ی ساده شده‌ی زیر به تدریج حل می‌شود و به کلسیم هیدروژن کربنات محلول در آب تبدیل می‌شود. وجود کلسیم هیدروژن کربنات محلول در آب نوعی سختی به آب می‌دهد که به آن **سختی موقت** می گویند.

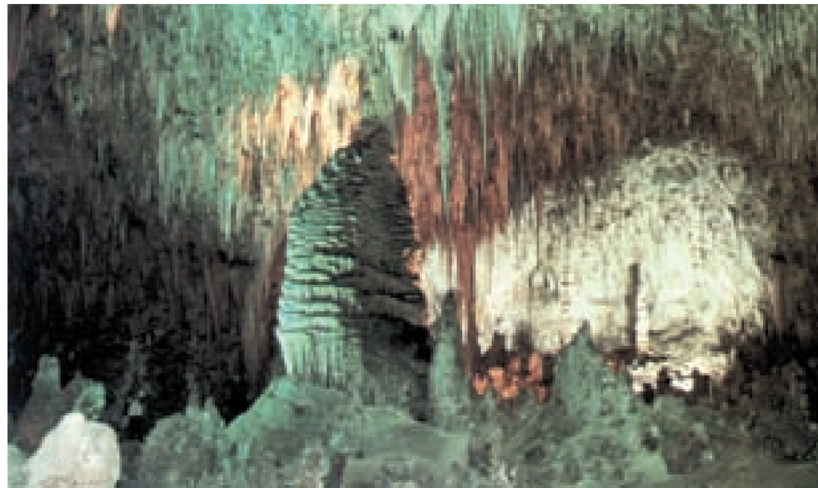
کلسیم هیدروژن کربنات (محلول) ⟵ کربنیک اسید + کلسیم کربنات (نامحلول)

عامل سختی موقت آب — *محلول CO_2 در آب* — *سنگ آهک*

نکته ی مهم آن است که این واکنش برگشت‌پذیر است. به عبارت دیگر، در شرایط مناسب و گرمای کافی، عکس آن نیز مطابق معادله‌ی زیر صورت می گیرد.

آب + کربن دی‌اکسید + کلسیم کربنات (نامحلول) ⟵ کلسیم هیدروژن کربنات (محلول)

انجام این واکنش طی قرن ها در غار های بسته، باعث پیدایش ستون های زیبایی معروف به **استالاکتیت** و **استالاگمیت** شده است، شکل ۲۲.



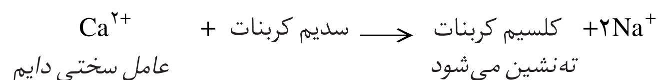
شکل ۲۲ ستون‌های آهکی ایجاد شده درون غارها (استالاکتیت و استالاگمیت)

این مشاهده‌ها نشان می‌دهند که می‌توان با گرم کردن آبی که سختی موقت دارد یون‌های کلسیم محلول در آن را به‌صورت رسوب کلسیم کربنات درآورد و در نتیجه، آب سخت را به آب نرم تبدیل کرد. در این آب صابون به خوبی کف می‌کند. پیدایش لایه‌های آهکی درون کتری، سماور و لوله‌های درون آب گرم‌کن نشان از وجود مقادیر اندکی کلسیم هیدروژن کربنات محلول (عامل سختی موقت) در آب‌های معمولی و آشامیدنی دارد، شکل ۲۳.



شکل ۲۳ لایه‌ی آهکی ایجاد شده درون لوله‌های یک آب گرم‌کن.

اگر آب‌های طبیعی مقدار قابل توجهی یون‌های Ca^{2+} (Fe^{2+} یا Mg^{2+}) داشته باشند، نمی‌توان سختی آن‌ها را با گرم کردن از بین برد. آب با این ویژگی دارای **سختی دایم** است. در این مورد افزودن مقداری سدیم کربنات به آب موجب می‌شود که یون‌های کلسیم به‌صورت ماده‌ی نامحلول کلسیم کربنات ته‌نشین شود. به این ترتیب آب سختی دایم خود را نیز از دست می‌دهد و نرم می‌شود.



Ca^{2+} + سدیم کربنات ⟵ کلسیم کربنات + $2Na^{+}$

عامل سختی دایم — *ته‌نشین می‌شود*

یون‌های سدیم باقی‌مانده در محلول مزاحمتی برای کف کردن صابون ایجاد نمی‌کنند.

بیش تر بدانید

در مناطقی که منابع آبی آن‌ها آب سخت است، برای زدودن یون‌های کلسیم و منیزیم، از دستگاهی به نام **دستگاه تبادلگر یونی** استفاده می‌کنند. این دستگاه را می‌توان در کنار شمارشگر آب در خانه نصب کرد. ماده‌ی اصلی موجود در این دستگاه در ساختار خود کاتیون‌های سدیم دارد و با عبور آب سخت از روی این ماده، کاتیون‌های Ca^{2+} و Mg^{2+} جای Na^{+} را می‌گیرند و آن را به‌جای خود، وارد آب می‌کنند.

نتیجه این که مطابق شکل صفحه‌ی بعد، آب سختِ دارای یون‌های کلسیم و منیزیم، از یک سو وارد دستگاه می‌شود و از سوی دیگر، آب نرم دارای یون‌های سدیم خارج می‌شود و به مصرف عمومی می‌رسد.

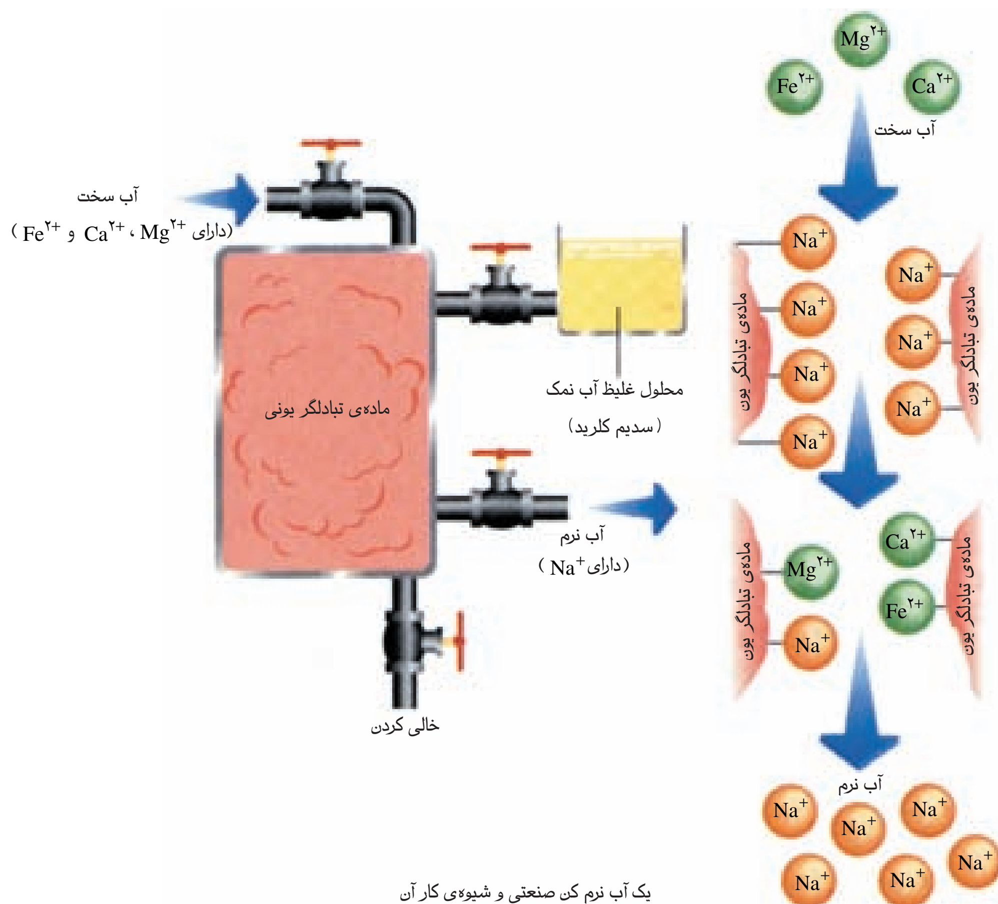


جالب این که، این فرآیند برگشت‌پذیر است. به این معنا که پس از چندی، دستگاه از یون‌های کلسیم و منیزیم انباشته می‌شود و در نتیجه از فعالیت باز می‌ایستد. در این هنگام باید آن را به‌وسیله‌ی آب نمک غلیظ شست‌وشو داد تا با اجرای وارونه‌ی حالت پیشین، ماده یاد شده دوباره به حالت نخستین خود برگردد و برای نرم کردن آب آماده شود. در این زمان پساب دستگاه دور ریخته می‌شود.



پساب دور ریختنی　　ماده‌ی بازیافت شده　　موجود در آب نمک　　ماده‌ی از کار افتاده

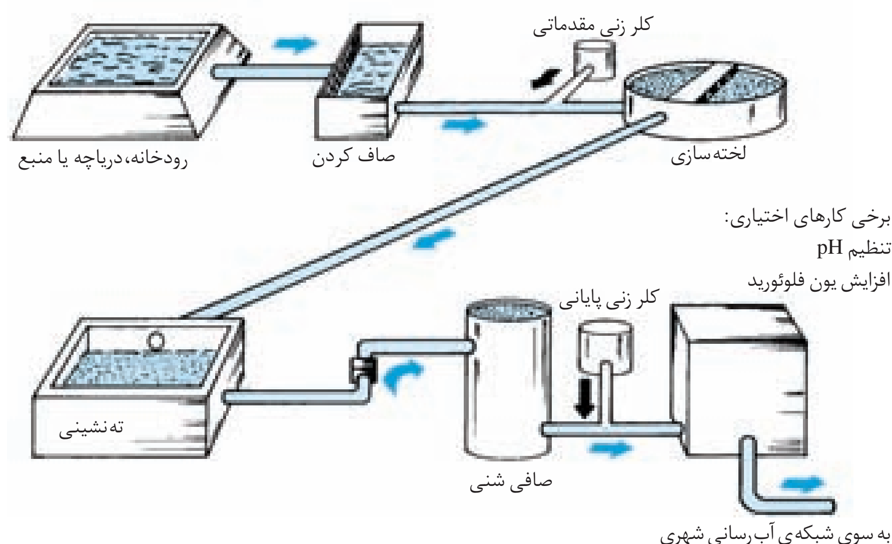
برای این کار کافی است که شیرهای ورود و خروج مرحله‌ی نخستین را ببندیم و شیرهای ورود و خروج مرحله‌ی دوم را باز کنیم. معمولاً شست‌وشوی ماده‌ی درون دستگاه را شب‌ها در ۲ تا ۳ ساعت یا در زمانی که نیاز به آب نیست، انجام می‌دهند.



یک آب نرم کن صنعتی و شیوه‌ی کار آن

تصفیه‌ی آب شهری

در حال حاضر رودخانه‌های ما متأسفانه هم منبعی برای تأمین آب شهری و هم مکانی برای تخلیه‌ی فاضلاب‌ها و پساب‌های خانگی و صنعتی به‌شمار می‌روند. به این دلیل، باید آب را دوبار، یک‌بار پیش از مصرف (برای نوشیدن) و یک بار پس از آن (برای دور ریختن!) تمیز کرد. شکل ۲۴ مراحل گوناگون تصفیه‌ی آب شهری را نشان می‌دهد.



شکل۲۴ نمودار یک مجتمع تصفیه ی آب شهری

۱ـ *صاف کردن* ابتدا آب از توری های فلزی و شبکه های آشغال گیر گذرانده می شود تا مواد خارجی و درشت آن، مانند چوب، سنگ، قوطی های فلزی، مواد پلاستیکی و ... در پشت آشغال گیر بماند.



نمای بخشی از تصفیه خانه ی شهر تهران

۲ـ *کلرزنی مقدماتی* کلر یک گندزدای قوی است و برای از بین بردن میکروب های بیماری زا به کار می رود.

۳ـ *لخته سازی و ته نشین کردن* برای ته نشین کردن گل و لای موجود در آب از یک ماده ی لخته کننده استفاده می کنند. این ماده دارای کاتیون های Al^{3+} یا Fe^{3+} است. آب های طبیعی دارای گل و لای و ذره هایی هستند که به راحتی ته نشین نمی شوند. ذره های میکروسکوپی گل، هنگام جریان یافتن آب در جویبارها و رودخانه ها به علت اصطکاک دایمی، مقداری الکتریسیته ساکن به خود می گیرند. چون این ذره ها بار الکتریکی هم نام دارند، همواره یک دیگر را دفع می کنند و به این علت هرگز ته نشین نمی شوند. در این حالت یک **کلویید** به وجود می آید. کلویید نوعی مخلوط است. در سال های آینده با این نوع مخلوط ها بیش تر آشنا خواهید شد. کاتیون های Al^{3+} و Fe^{3+} که خود بار الکتریکی زیادی دارند، بار الکتریکی ذره های کلویید را خنثی می کنند. نتیجه آن که، این ذره ها به یک دیگر می پیوندند و با این کار کلویید لخته شده، ذره های آن ته نشین می شوند.

۴ـ *ته نشین شدن در حوضچه های آرامش* در این جا، برای ته نشین شدن باقی مانده ی ذره های شناور و کلوییدی و کامل شدن فرایند لخته سازی ،فرصت بیش تری فراهم می شود. درعین حال تابش نور خورشید به از بین بردن باکتری ها کمک می کند.

۵ ـ *گذراندن از صافی شنی* صافی شنی شامل بستری از ماسه ریز و درشت است. در این مرحله، مواد دیگری که پیش از این ته نشین نشده اند، به وسیله ی صافی گرفته می شوند و آب صاف و شفافی برجای می ماند. این مرحله مشابه همان مرحله ای است که در تصفیه ی



طبیعی آب گفته شد.

۶ـ *گندزدایی پایانی* شیمیدان‌ها مقدار کلر افزودنی را در این مرحله، طوری کنترل می‌کنند که اندکی کلر در آب تصفیه شده باقی ماند تا آب را از اثر باکتری‌هایی که احتمالاً در آن باقی مانده‌اند یا ممکن است به آن وارد شوند، در امان نگاه دارد. چنان چه مقدار کلر در این عمل کم‌تر از ppm ۰/۱ باشد، باکتری‌ها ممکن است نابود نشوند و اگر بیش‌تر و نزدیک به ppm ۱ باشد، بو و طعم ناخوشایندی در آب ظاهر می‌شود.

در برخی از کشورها، گاه مقدار بسیار اندکی (در حدود ppm ۱) یون فلوئورید (F^-) به آب می‌افزایند. این یون از پوسیدگی دندان و پوکی استخوان‌ها جلوگیری می‌کنند.

بیش‌تر وقت‌ها آب تصفیه شده را برای ذخیره کردن به یک منبع بزرگ و مرتفع پمپ می‌کنند تا از آن جا، به‌تدریج و با فشار کافی وارد شبکه‌ی لوله‌کشی شهر شود. در این روش ذخیره کردن آب، محدودیت‌هایی وجود دارد. برای مثال، ممکن است برخی موجودات ذره‌بینی آبزی معروف به جلبک‌ها، در منبع آب رشد کنند و طعم نامطلوبی به آب بدهند. در این مورد، گاه مقدار کم و کنترل شده‌ای از بلورهای کات کبود را که یک ترکیب شیمیایی مس‌دار است به آب منبع می‌افزایند، تا از رشد جلبک‌ها جلوگیری شود. درگذشته، ایرانیان نیز از کات کبود برای جلوگیری از رشد جلبک‌ها در انبارهای آب خود استفاده می‌کردند.


بلورهای آبی رنگ مس سولفات

شما چه آبی می‌نوشید؟

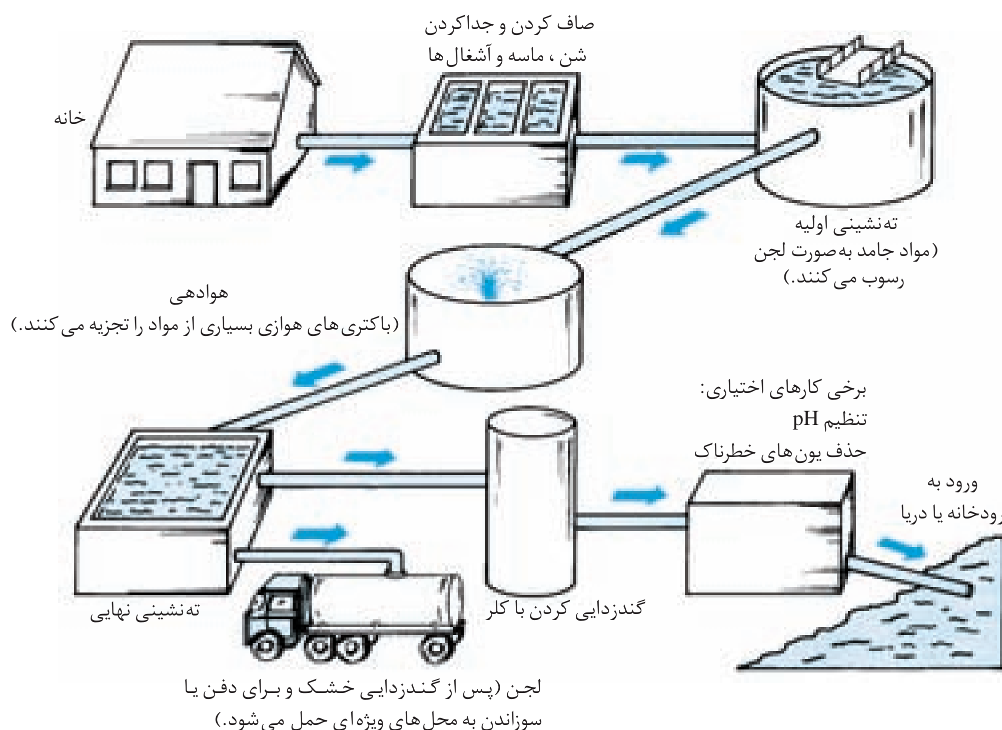
تحقیق کنید که آب آشامیدنی شهر یا روستای محل زندگی شما از کجا تأمین و چگونه تصفیه می‌شود؟ در ضمن ویژگی‌هایی چون طعم، رنگ، pH و سختی آن چگونه است؟

تصفیه‌ی فاضلاب‌های شهری

آبی که در خانه‌ها پس از مصرف در آشپزخانه، حمام و توالت وارد فاضلاب می‌شود، آلوده است. خطر آب آلوده برای اغلب مردم کشورهای در حال توسعه بسیار جدی است. برآوردها نشان می‌دهد که ۸۰٪ بیماری‌های جهان ناشی از آب‌های آلوده است و از این رو سالانه نزدیک به دو میلیون کودک در جهان جان خود را از دست می‌دهند. در شهرهای بزرگ که از سیستم فاضلاب شهری برای مصارف کشاورزی و صنعتی استفاده می‌شود، لازم است که فاضلاب را پیش از رها کردن در رودخانه، تصفیه کرد. می‌دانید که پیش‌گیری بهتر از درمان است و تمیز کردن فاضلاب آسان‌تر از تمیز کردن آب رودخانه‌ای است که فاضلاب تصفیه نشده در آن ریخته می‌شود.

گام‌های اصلی تصفیه‌ی فاضلاب شهری را در شکل ۲۵ مشاهده می‌کنید.

شایان گفتن است که در فضولات و پساب‌های صنعتیِ حاصل از کارگاه‌ها و کارخانه‌ها،



شکل۲۵ نمودار یک مجتمع تصفیه‌ی فاضلاب

مواد شیمیایی و سمی فراوانی وجود دارد که ممکن است به سیستم فاضلاب شهری یا رودخانه‌ها سرازیر شوند و حوادث ناگواری به‌وجود آورند. کارخانه‌ها بسته به نوع موادی که مصرف یا تولید می‌کنند، باید طبق روش‌ها و ضوابط ویژه‌ای که توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست اعلام می‌شود، به تصفیه‌ی فاضلاب خود اقدام کنند.

فاضلاب خانه‌ی شما به کجا می‌ریزد!

در یک فعالیت گروهی تحقیق کنید که فاضلاب خانه‌ی شما و همسایگانتان به کجا می‌ریزد. هم‌چنین این شیوه‌ی دور ریختن فاضلاب بر محیط‌زیست چه اثری دارد و مسئولان سازمان آب و فاضلاب شهر شما چه برنامه‌هایی را برای تصفیه‌ی فاضلاب‌های خانگی در دستور کار خود دارند.

و سرانجامِ ماجرا

در مورد معمای رودسار، گرچه تاکنون دانستنی‌ها و مهارت‌های فراوانی به‌دست آورده‌ایم، اما هنوز به یک پاسخ قانع کننده نرسیده ایم. آن‌چه مسلم است، یک عامل ناشناخته موجب مرگ و میر ماهی‌ها شده است. عاملی که شهروندان رود ساری را در استفاده از آب رودخانه و سیستم لوله کشی شهری دچار تردید کرده است.



گرچه تمام حدس‌ها و فرضیه‌های مربوط به آلودگی آب بررسی شد، اما هنوز به ریشه‌ی اصلی این ماجرا دست نیافته‌ایم. در واقع، آزمایش‌ها و پژوهش‌های بعدی نشان داد که آب رودسار در مجموع برای انسان سالم است، زیرا هیچ ماده‌ی سمی و میکروب بیماری‌زایی در آن وجود ندارد. در ضمن اکسیژن کافی برای ادامه‌ی زندگی آبزیان نیز در آن حل شده است. اما ناامید نخواهیم شد و در انتظار جمع‌آوری شواهد و یافته‌های تازه‌ای هستیم. امید است با دسترسی به خبرهای تازه‌تر، به یک جمع‌بندی برای تمامی داده‌ها برسیم و به علت اصلی حادثه پی ببریم.



رودسار امروز، سال دوم، شماره ۳۹۸، دوشنبه ۳ مرداد ۱۳۷۹

فرماندار رودسار: حباب ماهی ها را کشته است!

فرماندار رودسار در کنفرانس خبری بامداد امروز خود، اعلام کرد که کشتار انبوه ماهی ها در رودخانه‌ی رودسار، ناشی از **بیماری حباب‌های گاز** بوده است. وی افزود: از آن جا که تشکیل حباب‌های گاز یک بیماری واگیردار نیست، بنابراین خطری شهروندان رودسار را تهدید نمی کند.

یکی از کارشناس های سازمان حفاظت محیط زیست در این کنفرانس توضیح داد که تشریح بدن ماهی هایی که به تازگی مرده بوده اند، نشان داده است که علت بروز این بیماری بالا رفتن مقدار هوای محلول در آب رودخانه بوده است. زیاد بودن هوای محلول در آب سبب می شود که هنگام عبور آب از بافت ظریف آبشش های ماهی، هوای اضافی به‌صورت حباب‌هایی ظاهر شود. با پیدایش این مانع گازی در مسیر جریان خون درون رگ ها، اکسیژن کم‌تری در دستگاه گردش خون ماهی جریان می‌یابد. در صورت عدم رفع این مانع، ماهی در دو تا سه روز تلف می شود. این کارشناس افزود که تشریح بدن ماهی هایی که در ۲ تا ۳ ساعت پس از مرگ از آب گرفته شده بودند، فرضیه‌ی بروز بیماری حباب‌های گاز را در آبشش ماهی ها تأیید کرد.

پزشک اداره‌ی بهداشت، درمان و آموزش پزشکی شهر نیز در این کنفرانس به شهروندان اطمینان داد که مقدار اضافی هوای حل شده در آب رودخانه، هیچ گونه خطری برای انسان ندارد. بنابراین، آب آشامیدنی شهر از این نظر بهداشتی و سالم است.

فرماندار از پاسخ دادن به این پرسش که «علت افزایش مقدار هوای حل شده در آب چیست؟» امتناع کرد و افزود که موضوع تحت بررسی است و تحقیقات هم چنان ادامه دارد. اما، یک کارشناس سازمان آب، علت احتمالی را در شیوه‌ی رها کردن آب از دریچه های بالای سدّ دانست. وی معتقد بود که حجم آب سرازیر شده از دریچه های سدّ که معمولاً با تولید کف زیادی نیز همراه است، آن چنان زیاد بوده است که فشار ناشی از سقوط آن، هوای بیش تری را در آب حل کرده است.

فکر کنید

آیا این کارشناس سازمان آب علت کشتار ماهی‌ها را درست تشخیص داده است؟ چه راهی برای اثبات درستی یا نادرستی این فرضیه پیشنهاد می‌کنید؟

بیش تر بخوانید



١ــ *آبی که می‌نوشیم*، *اسماعیل عباسی*، چاپ دوم، ۱۳۷۶، کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان.

۲ــ *آب*، محمدشاطرلو، چاپ اول، ۱۳۷۴، انتشارات امیرکبیر.

۳ــ *آب*، احمد خواجه‌نصیرطوسی، چاپ سوم، ۱۳۷۶، انتشارات فاطمی.

٤ ــ چرخه *آب*، ناصر نصرتی، مرتضی گلشنی‌مهر، لیلا باریکانی، چاپ اول، ۱۳۸۱، انتشارات محراب قلم.



بخش ۲

در پی هوایی پاکیزه!



آیا قدر چیزهایی را که داریم، باید هنگامی بدانیم که یا آن‌ها را ازدست داده باشیم
یا برای به‌دست آوردن آن‌ها هزینه‌ای پرداخت کنیم؟!

هوا کره هم‌ارز واژه‌ی لاتین atmosphere است.



شکل ۱ کره‌ی زمین. چشم‌اندازی که از کره‌ی ماه دیده می‌شود.

ما بر روی زمین و در کره‌ای از هوا زندگی می‌کنیم. همان گونه که آب، آبزیان را در بر می‌گیرد، هوا نیز ما را دربر گرفته است. ما هوا را نمی‌بینیم ولی در روزهایی که باد می‌وزد، آن را حس می‌کنیم. در واقع، همانند مسافران یک فضاپیما، ما در زیر پوشش نازکی از هوا زندگی می‌کنیم که **هوا کره** نامیده می‌شود. اندازه‌گیری دقیق ضخامت هوا کره دشوار است، زیرا هواکره یک دفعه به پایان نمی‌رسد بلکه کم‌کم رقیق می‌شود و سرانجام ناپدید می‌گردد. با این حال می‌دانیم که ۹۹ درصد از هوا کره در فاصله‌ی ۳۰ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد. اگرچه سیاره‌های دیگر منظومه‌ی خورشیدی نیز هوا کره دارند، اما هوا کره‌ی زمین تنها هوا کره‌ای است که از ادامه‌ی زندگی ما و دیگر موجودات زنده پشتیبانی می‌کند، شکل ۱.



هواکره نیز مانند دریاها و پوسته‌ی زمین، معدنی سرشار از مواد شیمیایی است و ظرفی برای دور ریختن مواد زاید نیز به‌شمار می‌آید. ما به‌هنگام تنفس، سوزاندن سوخت‌ها و اجرای فرایندهای صنعتی گوناگون از برخی گازهای موجود در هوا کره استفاده می کنیم. افزون بر انسان‌ها و موجودات زنده‌ی دیگر، پدیده‌های طبیعی نیز بر حجم گازها، قطره‌های مایع و ذره‌های جامد معلق درهواکره می‌افزایند. به‌هرحال، این مواد افزوده شده ممکن است بر ترکیب شیمیایی هواکره اثری نداشته باشند، اما دست‌کم محیط زیست‌محلی یا شرایط جهانی را تحت تأثیر قرار خواهند داد. در برخی نقاط زمین هوا آن‌چنان آلوده است که مردم از تنفس آن بیمار می‌شوند و ممکن است میزان آلودگی به اندازه ای برسد که بسیاری از مردم جان خود را ازدست بدهند. امید است چنین حادثه‌ی تلخی هیچ‌گاه به‌وقوع نپیوندد، اما روبه‌رو شدن با چنین رویدادی، به کارهایی بسیار بیش‌تر از یک امید نیازمند است. از آن‌جا که گه‌گاه فعالیت‌های انسانی باعث کاهش کیفیت هوا می‌شود، پرسش‌های اساسی و مهم بسیاری به ذهن خطور می کند:

آیا هوا یک منبع رایگان است؟ هوا تا چه اندازه باید پاکیزه باشد؟ برای پاکیزه کردن هوا چه هزینه‌ای باید پرداخت؟ چه خسارت‌های زیست‌محیطی و اقتصادی از هوای آلوده به‌وجود می‌آید؟ چه کسی مسئول کنترل آلودگی هوا است؟

سال‌هاست که شهروندان درمحله، شهر، کشور و جهان به طرح چنین پرسش‌های بحث‌انگیزی ادامه داده‌اند. یافتن پاسخ بخشی از این پرسش‌های دشوار، دست‌کم به داشتن درکی از شیمی گازهای سازنده‌ی هواکره بستگی دارد. ما باید درباره‌ی ساختار و ترکیب شیمیایی هواکره، خواص عمومی گازها، فرایندهای مؤثر بر آب و هوا و چگونگی تجدیدپذیری طبیعی هواکره اطلاعاتی داشته باشیم.

این بخش، شما را با شیمی بحث‌های یادشده آشنا می کند و به بررسی برخی تلاش‌های منطقه‌ای و جهانی برای کنترل آلودگی هوا می‌پردازد. افزون بر این، فرصت دیگری برای شما فراهم می کند تا دانسته‌های شیمیایی و مهارت‌های علمی و عملی خود را تقویت کنید.

نفسِ عمیقی بکشید و آن را به آهستگی بیرون بدهید. هوایی که به آسانی درون و بیرون شش‌های شما رفت و آمد می کند، موضوع مورد مطالعه‌ی ماست. اما پیش از این، با اجرای فعالیت زیر دانسته‌های خود را در این باره بیازمایید.

خود را بیازمایید

درستی یا نادرستی هریک از گفته‌های زیر را به‌ترتیب با گذاشتن علامت ✓ یا × مشخص کنید. درصورتی که مفهوم گفته‌ای برای شما ناآشنا باشد در برابر آن علامت «؟» بگذارید. درضمن عبارت‌های نادرست را اصلاح کنید و از نو بنویسید. نگران نمره‌ی خود

نباشید. در این تمرین نمره‌ای به شما داده نمی‌شود. با این کار تنها قصد داریم شما را به فکر کردن درباره‌ی سیال اعجاب انگیزی واداریم که همه‌ی ما درون آن زندگی می کنیم.

*ماده‌ای به حالت مایع یا گاز را **سیال** می‌گویند.*

۱ـ بدون غذا حدود یک ماه و بدون آب حدود چند روز زنده می‌مانیم. اما، بدون هوا بیش از چند دقیقه دوام نمی‌آوریم.

۲ـ یک بطری خالی، واقعاً خالی نیست.

۳ـ حجم یک نمونه‌ی معین از هوا یا هر گاز دیگری به فشار و دمای آن بستگی دارد.

۴ـ همه‌ی گازهای بی‌رنگ، خواص فیزیکی و شیمیایی یکسانی دارند.

۵ ـ هوا نیز مانند گازهای دیگر وزنی ندارد.

۶ـ هوا کره، نیرویی حدود یک کیلوگرم بر هر سانتی‌مترمربع از بدن شما وارد می کند.

۷ـ نوع و درصد اجزای تشکیل دهنده ی هوا کره در همه جا روی سطح کره‌ی زمین ثابت است.

۸ ـ هواکره به‌عنوان یک صافی عمل می کند و از رسیدن تابش‌های زیان‌آورخورشید به سطح زمین جلوگیری می کند.

۹ـ در بخش پایینی هوا کره، دمای هوا معمولاً باافزایش ارتفاع بالا می‌رود.

۱۰ـ اجزای جزیی هوا، مانند بخارآب و گاز کربن دی‌اکسید نیز نقش‌های مهمی در هوا کره ایفا می کنند.

۱۱ـ در مناطق جنگلی مقدار رطوبت هوا زیاد است.

۱۲ـ اوزون گازی دو چهره است. در بخش پایینی هوا کره یک آلاینده، و در بخش‌های بالایی آن یک پالاینده یا صافی به‌شمار می‌رود.

۱۳ـ هوای پاک و بدون آلودگی، یک ماده‌ی خالص است.

۱۴ـ هیچ یک از مرگ و میرهای انسانی را نمی‌توان به‌طور مستقیم به آلودگی هوا نسبت داد.

۱۵ـ رویدادهای طبیعی هم‌چون فوران آتشفشان‌ها و آتش‌سوزی در جنگل‌ها سهم قابل‌توجهی در آلودگی هوا دارند.

۱۶ـ تخریب ساختمان‌ها و گیاهان بر اثر آلودگی هوا یک خسارت اقتصادی قابل توجه برای همه‌ی کشورها است.

۱۷ـ منبع عمده‌ی آلودگی هوا فعالیت‌های صنعتی است.

۱۸ـ برخی گازهای موجود در هواکره اثر گلخانه‌ای را به‌وجود می‌آورند.

۱۹ـ میزان اسیدی بودن باران در کشورهای صنعتی، طی سال‌های اخیر کاهش یافته است.

۲۰ـ انسان‌ها آلودگی هوا را بیش‌تر از راه سوزاندن سوخت‌ها به‌وجود می‌آورند.



در پایان این فعالیت، معلم همراه با همه‌ی دانش‌آموزان کلاس در یک گفت‌وگوی صمیمی به بحث و بررسی پاسخ‌ها می‌پردازند. شاید در آغاز، برخی پاسخ‌ها و تحلیل‌های مطرح‌شده، ابهام‌آمیز به‌نظر برسند، اما پس از آموختن این بخش و انجام دادن همه ی فعالیت‌های پیش‌بینی شده‌ی آن، به پاسخ‌های روشن و آموزنده‌ای خواهید رسید. به‌هر حال، درباره‌ی هریک از موضوع‌های مطرح‌شده در این فعالیت در جاهای معینی از این بخش گفت‌وگو خواهیم کرد. اگر مایل به یافتن پاسخ پرسش‌های خود هستید، تا پایان این بخش ما را همراهی کنید.

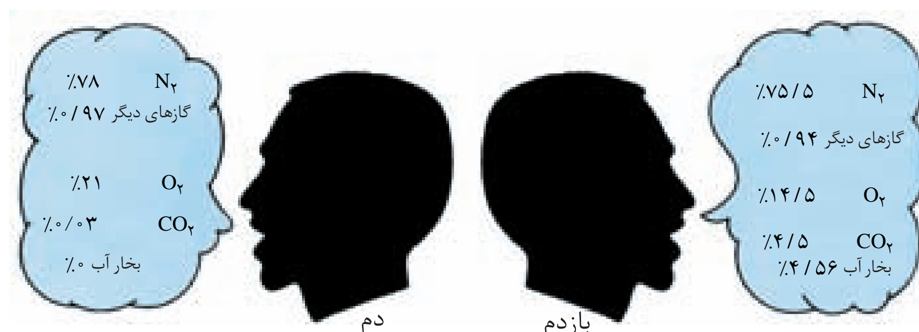
هوا، تنفس و ادامه‌ی زندگی

ویژگی‌های موجودات زنده به گونه‌ای است که آن‌ها را به هوا نیازمند کرده است. اگرچه دانشمندان بر این باورند که هواکره‌ی فعلی، مدت‌ها پس از پیدایش آب روی زمین تشکیل شده است، با این حال هوا و آب هر دو، ادامه‌ی زندگی گیاهان و جانوران را در این کره‌ی خاکی ممکن کرده‌اند، شکل۲.



شکل۲ تنها جزیی از هواکره که از فضا دیده می‌شود، بخار آب فشرده به شکل ابر است.

یک نقش مهم هواکره، فراهم آوردن گاز اکسیژن موردنیاز برای تنفس است. اجرای فعالیت زیر اهمیت این ویژگی هوا کره را برای شما آشکارتر می‌کند. نوع و درصد گازهای موجود در هوای دم و بازدم را در شکل۳ می‌بینید.



شکل۳ نوع و درصد حجمی گازهای موجود در هوای دم و بازدم (تنفس در هوای خشک). هوای دم و بازدم چه تفاوت‌هایی با هم دارند؟ این تفاوت‌ها را چگونه توجیه می‌کنید؟

چه‌قدر اکسیژن مصرف می‌کنید؟

فرض کنید که به‌طور میانگین در هر دقیقه ۱۴ بار نفس می‌کشید و در هر بار ۰/۵ لیتر هوا را به شش‌های خود وارد می‌کنید. با این حساب در هر دقیقه چند لیتر هوا تنفس می‌کنید؟ در این مدت چند لیتر گاز اکسیژن به شش‌های شما وارد می‌شود؟ میزان مصرف روزانه‌ی اکسیژن شما حدوداً چه‌قدر است؟ هر روز چه مقدار بخار آب از طریق تنفس شما به هوا وارد می‌شود؟

گیاهان برای ادامه‌ی زندگی خود به یک منبع همیشگی از کربن دی‌اکسید نیازمندند، تا از راه فوتوسنتز مواد غذایی موردنیاز خود را بسازند. هواکره این نیاز ضروری آن‌ها را نیز تأمین می‌کند.

فکر کنید

دانشمندان، فوتوسنتز و تنفس را مکمل یک‌دیگر می‌دانند. چرا؟

برای این‌که با نقش‌های دیگر هواکره آشنا شویم، باید بدانیم که هواکره چیست؟ و چه ویژگی‌های فیزیکی مهمی دارد؟

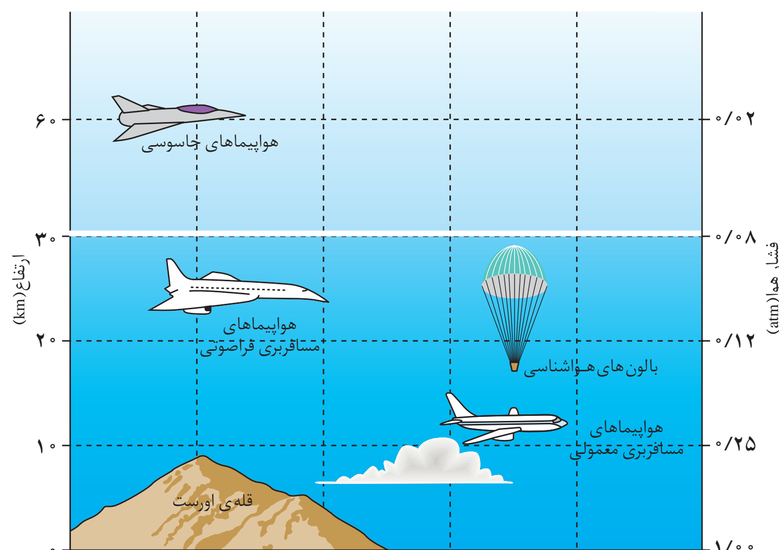
هواکره را بهتر بشناسیم

آلوده شدن هوا براثر فعالیت‌های انسانی با کشف آتش آغاز شد. استفاده از آتش برای گرم کردن، پختن غذا و ذوب فلزها به گونه‌ای هوا در شهرهای باستانی را آلوده کرد که درسال ۶۱ میلادی سِنِکا فیلسوف معروف رومی از هوای سنگین و بوی تعفن دودکش‌های پردود آن روزهای روم باستان سخن به میان آورده است. روند آلوده شدن هوا که از آن روزها شروع شده بود با انقلاب صنعتی اروپا که در سیصد سال پیش روی داد به اوج خود رسید و به این ترتیب هوای پیرامون شهرهای بزرگ اروپا را آلوده‌تر کرد. امروزه با رشد جمعیت و گسترش صنایع در بیش‌تر کشورهای جهان، آلودگی هوا شدیدتر شده است. به این علت شیمیدان‌ها و فیزیکدان‌ها تلاش می‌کنند تا با مطالعه و پژوهش روی رفتار و ویژگی‌های هواکره، آن را بیش‌تر بشناسند و راه‌های مقابله با آلودگی هوا را پیدا کنند.

اکنون می‌دانیم که بیش‌تر جرم هواکره تا فاصله‌ی ۱۲ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد. این ناحیه را **تروپوسفر** می‌گویند. این بخش از هواکره همان بخشی است که ما در آن زندگی می‌کنیم، شکل ۴.

مخلوط شدن پیوسته‌ی گازها در تروپوسفر موجب پیدایش ترکیب درصد تقریباً یک‌نواختی می‌شود. تجزیه‌ی هوای به‌دام افتاده درون حباب‌های موجود در یخچال‌های طبیعی، نشان داده است که ترکیب تروپوسفر در سرتاسر تاریخ زندگی بشر، تقریباً ثابت بوده است.





شکل ۴ تروپوسفر بخشی از هوا کره است که همه‌ی موجودات زنده در آن زندگی می کنند.
آیا می‌توانید این بخش را روی شکل مشخص کنید؟

افزون بر گازهای معرفی‌شده در جدول ۱، نمونه‌های واقعی هوا ممکن است تا بیش از ۵٪ رطوبت داشته باشند. اگرچه در بیش‌تر مناطق، بخار آب از ۱ تا ۳ درصد متغیر است. غلظت گازهای دیگر در شرایط طبیعی، کم‌تر از ۰/۰۰۰۱ درصد یا ۱ ppm است. این مقدار شامل هیدروژن (H_2)، زِنون (Xe)، اوزون (O_3)، اکسیدهای نیتروژن (NO و NO_2)، کربن مونواکسید (CO) و گوگرد دی‌اکسید (SO_2) است.

فعالیت‌های گوناگون انسان غلظت CO_2 و برخی دیگر از گازهای ناچیز موجود در هواکره را تغییر می‌دهد. به علاوه این فعالیت‌ها می‌توانند مواد تازه‌ی دیگری را به هواکره بیفزایند. این مواد اضافه شده هم به نوبه‌ی خود می‌توانند کیفیت هوا را تغییر دهند. به‌زودی با برخی از این مواد آشنا خواهید شد.

جدول ۱ اجزای سازنده‌ی هوا کره

نام	فرمول شیمیایی	درصد حجمی
اجزای اصلی		
نیتروژن	N_2	۷۸
اکسیژن	O_2	۲۱
اجزای جزیی		
آرگون	Ar	۰/۹۶
کربن دی‌اکسید	CO_2	۰/۰۳
اجزای ناچیز		
نئون	Ne	در مجموع ۰/۰۰۴
آمونیاک	NH_3	
هلیم	He	
متان	CH_4	
کریپتون	Kr	
اجزای ناچیز دیگر	[CO , NO_2 , NO , SO_2 , Xe , O_3 , H_2]	هریک ۰/۰۰۰۱

فشار هوا و تغییر ارتفاع از سطح زمین

ما در کف اقیانوسی از هوا زندگی می کنیم. اگر به سمت بالا شنا کنیم و به ارتفاعات سری بزنیم، چه مشاهده خواهیم کرد؟

در اقیانوس ها (آب کره)، هرچه به عمق فرو می رویم، فشار آب افزایش و دمای آن کاهش می یابد. شرایط برای زندگی موجوداتی که در اعماق و در کف اقیانوس ها زندگی می کنند، با شرایطی که موجودات مناطق نزدیک به سطح آب، در آن به سر می برند، کاملاً متفاوت است. همان گونه که می دانید هوا هم مانند آب یک سیال است. آیا می توان انتظار داشت که از این جهت هواکره نیز رفتاری مانند آب کره داشته باشد؟ بررسی ها نشان داده است که شرایط هواکره ای یا جوّی در سطح دریا با این شرایط در ارتفاعات بالا کاملاً تفاوت دارد. دانشمندان با فرستادن بالون های اکتشافی به ارتفاعات شرایط جوی را در همه ی بخش های هواکره شناسایی کرده اند. فکر می کنید که آن ها چه مشاهده هایی داشته اند؟

بر فراز زمین!



تصور کنید که در درون یک فضاپیما نشسته اید و از سطح زمین به دورترین نقطه ی هواکره سفر می کنید. دستگاه های موجود در فضاپیمای شما برای اندازه گیری ارتفاع، دما و فشار هوا تنظیم شده است. این دستگاه ها در هر مقطع زمانی یک لیتر هوا را به عنوان نمونه می گیرد و به طور خودکار جرم هر نمونه، تعداد ذره های (مولکول یا اتم) موجود و ترکیب شیمیایی آن را اندازه گرفته، ثبت می کنند.

در این صعود تا ارتفاع ۱۲ کیلومتری، ترکیب شیمیایی هوا تقریباً ثابت باقی می ماند: (۷۸٪ نیتروژن، ۲۱٪ اکسیژن، ۰/۹۶٪ آرگون و مقادیر ناچیزی از چند گاز دیگر). در ارتفاع ۱۲ کیلومتری خواهید دید که در بالای ابرها هستید و بلندترین کوه ها نیز در زیر پای شما قرار دارند. در این جا آسمان آبی به نظر می رسد و خورشید با درخشش بسیار می تابد. فضاپیمای شما اکنون در بالای محلی است که بیش تر هواپیماهای مسافربری در آن ارتفاع پرواز می کنند، درست بالای جایی که هوا شروع به رقیق شدن می کند.

در نواحی بالاتر از ارتفاع ۱۲ کیلومتری، ترکیب هوا تقریباً بانواحی پایین تر یکسان است، اما دستگاه های فضاپیما ، شما را از وجود مقدار اندکی اوزون آگاه می کنند. هم چنین شما در این ارتفاعات برخلاف نواحی کم ارتفاع تر، هوای کاملاً آرام و بی تلاطمی را حس خواهید کرد.

در هر نمونه ی یک لیتری از هوا که در ارتفاع ۵۰ تا ۸۵ کیلومتری گرفته می شود، تعداد ذره ها به نسبت کم تر است. در ارتفاع ۲۰۰ کیلومتری، رادار فضاپیما خبر از وجود برخی ماهواره های مخابراتی می دهد که در مدار خود در حرکت هستند. در بالاتر از این ارتفاع تعداد ذره های موجود در هر نمونه آن چنان کم می شود که دستگاه های شما قادر به اندازه گیری آن ها نیستند. در این هنگام فضاپیمای شما با انبوهی از یافته ها آماده است تا



دوباره به سطح زمین برگردد. اکنون زمان آن رسیده است تا داده‌های جمع‌آوری شده در این سفر خیالی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید. جدول ۲، داده‌های ثبت شده در این پرواز را به‌طور خلاصه نشان می‌دهد . در ستون آخر تعداد کل ذره‌های (مولکول یا اتم) موجود در یک نمونه‌ی یک لیتری نیز نشان داده شده است.

با کمک داده‌های این جدول دو نمودار زیر را رسم کنید.

۱ـ نمودار تغییر دما در برابر ارتفاع

۲ـ نمودار تغییر فشار در برابر ارتفاع

محورها را طوری مدرج کنید که هر نمودار یک صفحه‌ی کاغذ را کاملاً پر کند. مقیاس محورافقی (ارتفاع) برای هر نمودار باید برحسب کیلومتر و از صفر تا ۱۰۰ باشد.مقیاس محور عمودی (دما) در نخستین نمودار باید از $-۱۰۰^{\circ}C$ تا $+۴۰^{\circ}C$ مدرج شود. در نمودار دوم محور عمودی (فشار) باید از صفر تا ۷۸۰ میلی‌متر جیوه درجه‌بندی شود. حال نقطه‌ها را یک به‌یک روی نمودار بیابید و سپس آن‌ها را به یک‌دیگر وصل کنید تا خط هموار به‌دست آید (توجه کنید که یک خط، ممکن است راست یا منحنی باشد). با استفاده از این نمودار و اطلاعاتی که تا به حال به‌دست آورده‌اید به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

mmHg (میلی‌متر جیوه) یکی از یکاهای اندازه‌گیری فشار است.

۱ـ مقایسه روند تغییر دما و فشار با افزایش ارتفاع:

آ) کدام‌یک الگوی منظم‌تری دارد؟

ب) آیا می‌توانید این روندها را توضیح دهید؟

۲ـ اگر فرصتی پیدا شود و شما بتوانید از سطح دریا تا هریک از مناطق زیر سفر کنید، انتظار دارید که فشار هوا در این مناطق کم‌تر باشد یا بیش‌تر؟ چرا؟

آ) قله‌ی دماوند (۵۶۷۱m بالاتر از سطح دریا)

ب) کنار دریای خزر (۲۸m پایین‌تر از سطح دریا)

۳ـ دانشمندان اغلب هواکره را به چند لایه تقسیم می‌کنند. تروپوسفر (نزدیک‌ترین لایه به زمین)، استراتوسفر، مزوسفر و ترموسفر (دورترین لایه از زمین).

آ) آیا داده‌های موجود در جدول ۲ به شما تصوری از لایه‌ای بودن هواکره می‌دهند؟ توضیح دهید.

جدول ۲ داده‌های به‌دست آمده از یک سفر خیالی بر فراز زمین

ارتفاع از سطح زمین (km)	دما (°C)	فشار هوا (mmHg)	جرم یک نمونه یک لیتری (g)	تعداد کل ذره‌های (مولکول یا اتم) موجود در یک نمونه‌ی یک لیتر $\times ۱۰^{۲۰}$
۰	۲۰	۷۶۰	۱/۲۰	۲۵۰
۵	−۱۲	۴۰۷	۰/۷۳	۱۵۰
۱۰	−۴۵	۲۱۸	۰/۴۱	۹۰
۱۲	−۶۰	۱۷۰	۰/۳۷	۷۷
۲۰	−۵۳	۶۲	۰/۱۳	۲۷
۳۰	−۳۸	۱۸	۰/۰۳۵	۷
۴۰	−۱۸	۵/۱	۰/۰۰۹	۲
۵۰	۲	۱/۵	۰/۰۰۳	۰/۵
۶۰	−۲۶	۰/۴۲	۰/۰۰۰۷	۰/۲
۸۰	−۸۷	۰/۰۳	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۲

ب) در این صورت روی هر نمودار با رسم خطوط عمودی مرز میان این لایه‌ها را مشخص کنید.

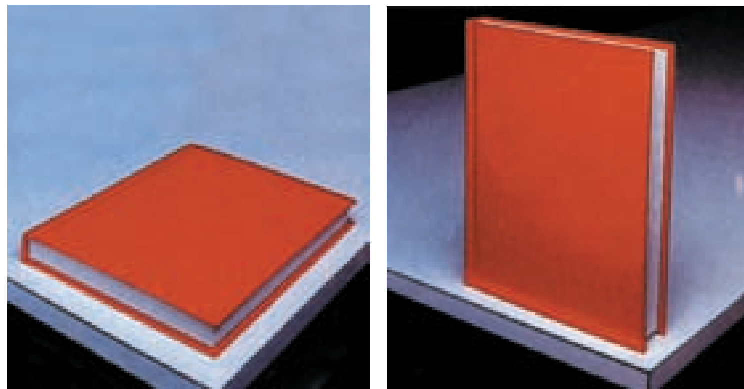
۴ـ آیا چگالی هوا با افزایش ارتفاع تغییر می کند؟ تعداد ذره‌های موجود در هر نمونه‌ی یک لیتری چه رابطه‌ای با چگالی هوا دارد؟ شرح دهید.

۵ ـ دستگاه‌های موجود در سفینه‌ی شما وجود گاز اوزون را در کدام لایه تشخیص داده اند؟

در فعالیت بالا بارها از عبارت *فشار هوا* استفاده شد. اما واقعاً منظور از فشار هوا چیست؟ در ادامه به معرفی این مفهوم می‌پردازیم. اما پیش از این باید با یکی از ویژگی‌های مهم گازها یعنی فشار آشنا شویم.

فشار چیست؟

فشار مقدار نیرویی است که بر واحد سطح وارد می‌شود. شکل ۵ را نگاه کنید. این کتاب به دو شکل روی میز قرار گرفته است. در کدام حالت سطح بیش‌تری از میز را اشغال کرده است؟ نیرویی که این کتاب بر میز وارد می کند، وزن آن است. با توجه به این مطلب، در کدام حالت، کتاب فشار بیش‌تری را بر میز وارد می کند؟



شکل۵ این کتاب نیرویی معادل وزن خود بر میز وارد می کند. در کدام حالت فشار بیش‌تری بر میز وارد می‌شود؟

مایع موجود در یک ظرف نیز وزن دارد و به این دلیل بر بدنه‌ی ظرف دربردارنده‌ی آن فشار وارد می کند. این فشار با افزایش عمق مایع فزونی می‌یابد (چرا؟)، شکل ۶.



شکل۶ در یک سیال (مایع یا گاز) با افزایش عمق، فشار افزایش می‌یابد.

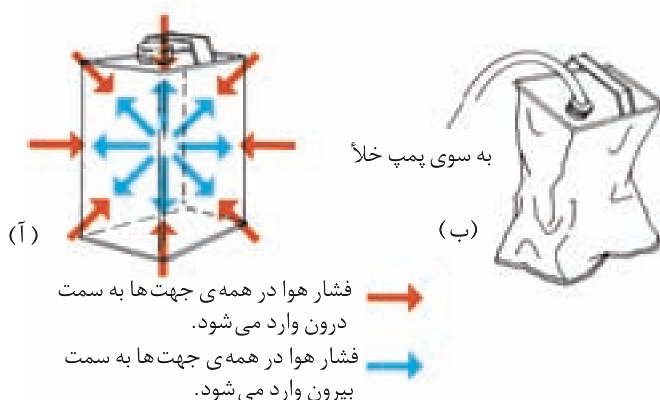


هواشناس‌ها از روی فشار هواکره وضع هوا را پیش‌بینی می‌کنند.



فشار مایع نه تنها به ته ظرف بلکه به دیواره‌های آن نیز وارد می‌شود. درواقع، در هر عمقی از یک مایع، فشار به‌طور برابر به همه‌ی جهت‌ها وارد می‌شود. هرچه غواصان در عمق بیش‌تری شنا کنند، فشار آبِ بیش‌تری را احساس خواهند کرد.

هواکره نیز که مخلوطی از گازهاست، به علت داشتن وزن در همه‌ی جهت‌ها فشار وارد می‌کند. مابه‌عنوان یک موجود زنده که در ته اقیانوسی از هوا زندگی می‌کنیم، در معرض فشار این گازها قرار داریم. این فشار را **فشار هوا** می‌گویند. فشار هوا در سطح دریا تقریباً برابر با فشاری است که یک وزنه‌ی یک کیلوگرمی بر سطحی به مساحت یک سانتی‌متر مربع وارد می‌کند. ما فشار هوا را احساس نمی‌کنیم، زیرا این فشار در همه‌ی جهت‌ها بر درون و بیرون بدن ما وارد می‌شود. شکل ۷ این مطلب را بهتر نشان می‌دهد.

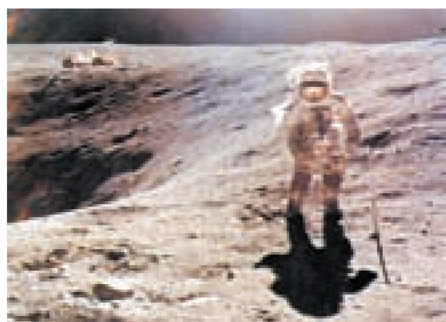


شکل ۷ هوا در همه‌ی جهت‌ها فشار وارد می‌کند. آ) فشار هوای درون و بیرون این قوطی حلبی برابر است. ب) قوطی پس از تخلیه هوای درون آن. اگر قرار بود که این قوطی را با دست به این شکل در آورید چه نیرویی لازم داشتید؟

هوا قوی‌تر است یا زمین؟!

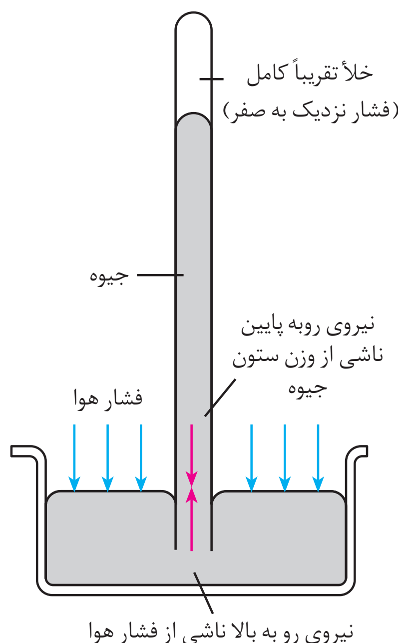
درون یک لیوان، آن‌قدر آب بریزید تا لبریز شود. سپس یک تکه مقوا به ابعاد $10cm \times 10cm$ روی دهانه‌ی لیوان قرار دهید و درحالی که با یک دست مقوا را نگاه داشته‌اید، لیوان را در ظرف‌شویی وارونه کنید. حال دست خود را بردارید. چه مشاهده می‌کنید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

در خارج از هوا کره‌ی زمین، هوایی وجود ندارد و فضانوردان ناگزیرند لباس‌های ویژه‌ای بپوشند که درون فضای بسته‌ی آن‌ها، فشاری ساختگی وجود داشته باشد، شکل ۸. بدون این لباس ویژه، فضانوردان در فضا منفجر می‌شوند!



شکل ۸ ساخته‌شدن لباس‌های ویژه‌ی فضانوردی، قدم زدن بر سطح ماه را برای انسان ممکن کرد.

برای اندازه‌گیری دقیق فشار هوا از دستگاهی به نام فشارسنج یا بارومترِ جیوه‌ای استفاده می‌شود، شکل ۹. این دستگاه از یک لوله‌ی شیشه‌ای بلند ساخته شده که یک انتهای آن بسته است و درون آن را با جیوه پر کرده‌اند. انتهای دیگر لوله در ظرفی پر از جیوه قرار گرفته است. فضای خالی بالای ستون جیوه نزدیک به خلأ کامل است. در این فضا هیچ هوایی وجود ندارد و تنها مقدار بسیار ناچیزی بخار جیوه یافت می‌شود. در واقع این فضای خالی تقریباً هیچ فشاری بر ستون جیوه وارد نمی‌کند. اما، چرا جیوه از لوله پایین نمی‌آید تا درون ظرف پر از جیوه بریزد؟ با توجه به شکل ۹ به این پرسش پاسخ دهید.



شکل۹ اصول کار یک فشارسنج جیوه‌ای. چون ارتفاع ستون جیوه به فشار هوا بستگی دارد، بنابراین ارتفاع این ستون معیار خوبی برای اندازه‌گیری فشار هوا خواهد بود.



شکل ۱۰ یک فشارسنج جیوه‌ای آزمایشگاهی

پاسکال (Pa) یکای فشار در سیستم SI است. در حالی که اتمسفر (atm) و میلی‌متر جیوه (mmHg) دو یکای غیر SI فشار هستند.

۱atm = ۱۰۱kPa

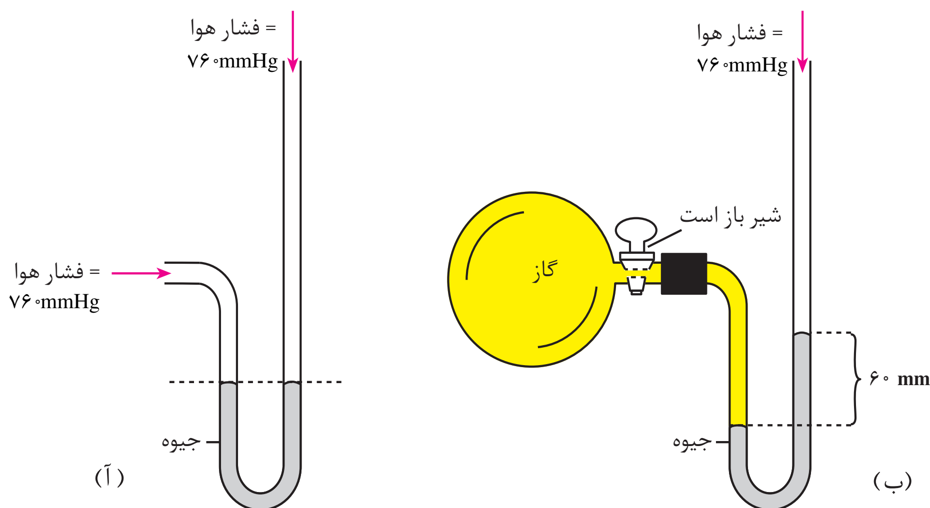
به میانگین فشار هوا در سطح دریا **فشار هوای معمولی** می‌گویند. در این فشار ارتفاع ستون جیوه ۷۶۰ میلی‌متر است، شکل ۱۰. این مقدار را به‌صورت کوتاه‌شده‌ی ۷۶۰mmHg (بخوانید: ۷۶۰ میلی‌متر جیوه) نمایش می‌دهند. Hg نماد شیمیایی جیوه است. فشار هوا در سطح دریا به‌عنوان **فشار استاندارد** پذیرفته شده است. این فشار را ۱atm (بخوانید: یک اتمسفر) نیز می‌گویند.

۱atm = ۷۶۰mmHg

هر گاز محبوس در یک ظرف نیز بر دیواره‌های آن ظرف فشار وارد می‌کند. این فشار را به کمک فشارسنجی به نام **مانومتر** اندازه می‌گیرند. شکل ۱۱ ساختار و اصول کار این دستگاه را نشان می‌دهد.

در ادامه اثر تغییر فشار و دما را بر حجم گازها مطالعه می‌کنیم. این مطالب ما را در درک رفتار گازها در هواکره یاری می‌دهند.





شکل ۱۱ آ) ساختار و اصول کار یک مانومتر ب) مانومتر فشار گاز درون حباب شیشه‌ای را چند میلی‌متر جیوه نشان می‌دهد؟

قانون بویل

می‌دانید که گازها بر خلاف مایع‌ها و جامدها تراکم‌پذیرند (چرا؟). به این علت می‌توان گازها را فشرد تا حجم کم‌تری اشغال کنند، شکل ۱۲.



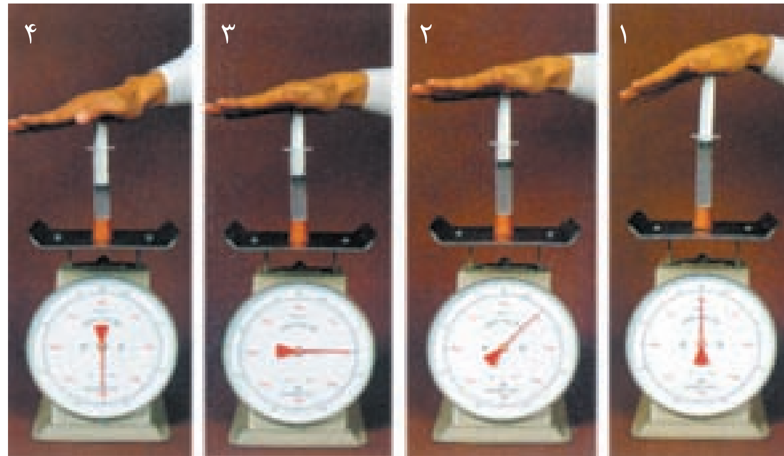
شکل ۱۲ یک گاز را می‌توان با فشردن در حجم کم‌تری جا داد. فاصله‌ی بین ذره‌های سازنده‌ی این گاز چه تغییری کرده است؟

فکر کنید

یک معلم شیمی به هنگام خریدن سیلندر یک لیتری گاز اکسیژن خالص برای آزمایشگاه مدرسه با اختلاف قیمت چشم گیری روبه‌رو شد. شرکت (آ) هر سیلندر یک لیتری گاز اکسیژن با خلوص ۹۹/۹٪ را ۳۰۰۰۰۰ ریال و شرکت (ب) سیلندر یک لیتری گاز اکسیژن خود را با همین خلوص ۵۰۰۰۰۰ ریال قیمت گذاشته بود. این معلم شیمی با آزمایشی دریافت که شرکت (ب) گاز اکسیژن خود را با قیمت ارزان‌تری به فروش می‌رساند. آیا می‌توانید حدس بزنید که او چگونه توانست به این نکته پی ببرد؟



برای فشرده کردن یک گاز باید فشار زیادی بر آن وارد کرد، این پدیده را در آزمایش نشان داده شده در شکل۱۳ از نزدیک تجربه می کنیم. با دقت به این شکل نگاه کنید. از تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده از این آزمایش چه رابطه ای (مستقیم یا وارونه) میان فشار و حجم یک گاز، نتیجه می شود؟ از آن جا که تغییر دما بر حجم گازها مؤثر است، در همه ی این آزمایش ها دما ثابت بوده است.



	۱	۲	۳	۴
فشار (atm)	۱	۱/۳	۱/۶	۲/۲
حجم (mL)	۲۵	۱۹	۱۶	۱۱
فشار× حجم	۲۵	۲۵	۲۶	۲۴

شکل۱۳ تعیین تجربی رابطه ی فشار و حجم برای یک گاز(در همه ی این آزمایش ها دما ثابت بوده است.)



رابرت بویل(۱۶۹۱ـ۱۶۲۷)

نخستین بار رابرت بویل دانشمند انگلیسی به وجود این رابطه پی برد. آیا می توانید قانون بویل را در یک خط تعریف کنید؟



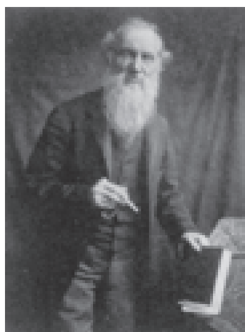
ژاک شارل(۱۸۲۳ـ۱۷۴۶)

قانون شارل

دما نیز مانند فشار بر حجم گازها مؤثر است. در دهه ی ۱۷۸۰ میلادی ژاک شارل شیمیدان فرانسوی، پس از آزمایش های بسیار به رابطه ی میان دما و حجم یک گاز پی برد. او در همه ی آزمایش های خود فشار را ثابت نگاه داشت (چرا؟). به شکل۱۴ نگاه کنید. با دقت در داده های به دست آمده از این آزمایش و نمودار رسم شده به پرسش های زیر پاسخ دهید.

۱ـ با افزایش دما، حجم چه تغییری کرده است؟

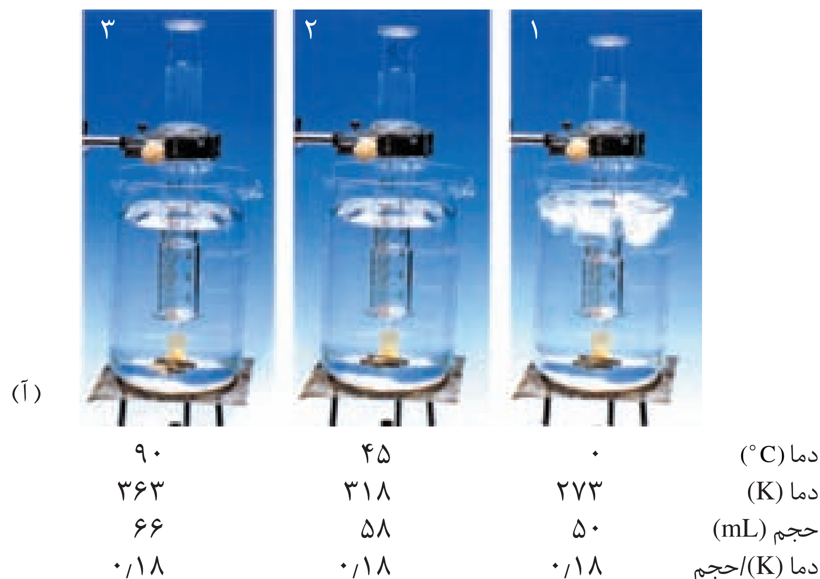
۲ـ با امتداد دادن خطِ به دست آمده، محور افقی (دما بر حسب °C) در چه نقطه ای قطع شده است ؟ در این دما حجم گاز چه قدر است؟



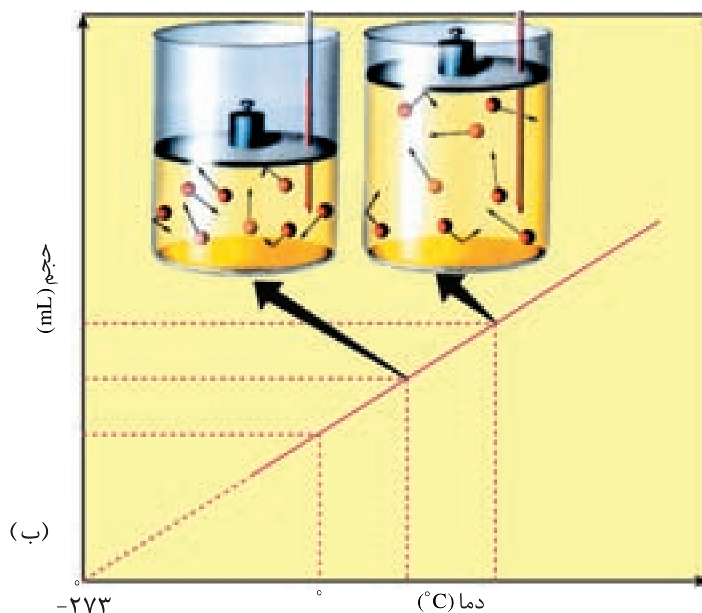
لُردکلوین(۱۹۰۷ـ۱۸۲۴)

۳ـ لُرد کلوین دانشمند معروف انگلیسی پنجاه سال پس از مرگ شارل، دمای $-273^{\circ}C$ را **صفرمطلق** نامید، زیرا رفتن به پایین تر از این دما را غیر ممکن می دانست (نظر شما چیست؟) اگراین دما($-273^{\circ}C$) را صفر در نظر بگیریم و دما را بر مبنای این نقطه





دما (°C)	۰	۴۵	۹۰
دما (K)	۲۷۳	۳۱۸	۳۶۳
حجم (mL)	۵۰	۵۸	۶۶
دما (K)/حجم	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸



شکل ۱۴ آ) تعیین تجربی رابطه‌ی دما و حجم برای یک گاز (در همه‌ی این آزمایش‌ها فشار ثابت بوده است). ب) نمودار حجم در برابر دما برای یک گاز.

بسنجیم، مقیاس تازه‌ای برای دما به دست می‌آید. به احترام لُرد کلوین این مقیاس جدید را **کلوین** نامیده‌اند و آن را با حرف K نشان می‌دهند. با توجه به این نکته ۶۰°C چند کلوین است؟

۴ـ از تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش چه رابطه‌ای (مستقیم یا وارونه) میان دما و حجم یک گاز نتیجه می‌شود؟

۵ ـ به این رابطه **قانون شارل** می‌گویند. آیا می‌توانید این قانون را در یک خط تعریف کنید؟

فکر کنید

۱ـ چرا بالون‌های پر از هوای داغ در هوا کره بالا می‌روند؟

۲ـ چرا رانندگان درهوای سرد بر باد تایرهای خود می افزایند و با فرارسیدن تابستان از هوای درون آن‌ها می کاهند؟

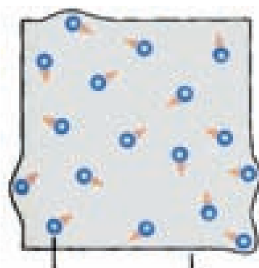
قوانین علمی، پدیده‌های طبیعی را توضیح می‌دهند. در واقع به پرسش‌هایی پاسخ می‌دهند که با «چه» آغاز می‌شود. درحالی که نظریه‌ها و مدل‌های علمی، علت وقوع پدیده‌های طبیعی را شرح می‌دهند. در واقع به پرسش‌هایی پاسخ می‌دهند که با «چرا» آغاز می‌شوند.

همه‌ی گازهای سازنده‌ی هوا کره در شرایط عادی مطابق قانون‌های بویل و شارل رفتار می‌کنند. اما **چرا** این گونه رفتار می‌کنند؟ در ادامه به این پرسش و چراهای بسیار دیگری درباره‌ی گازها، پاسخ خواهیم داد.

چرا گازها این گونه رفتار می‌کنند؟

تا اواخر سده‌ی هجدهم میلادی دانشمندان به بسیاری از قوانین گازها پی بردند. پرواز بالون‌ها نیز اطلاعات باارزشی از ساختار و ترکیب شیمیایی هواکره فراهم کرد. با این حال، توضیح رفتار گازها، هنوز ناقص به‌نظر می‌رسید. دانشمندان این اطلاعات به‌دست آمده را در کنار هم قرار دادند و سرانجام به یک توضیح رضایت‌بخش و فراگیر برای توجیه رفتار گازها دست یافتند. **نظریه‌ی جنبش مولکولی گازها** ره‌آورد این چراجویی ها بود.

نظریه‌ی جنبش مولکولی گازها بر چند اصل زیر استوار است.



شکل۱۵ فشار گاز بر اثر برخورد میلیون‌ها ذره‌ی کوچک بر دیواره‌ی ظرف دارای آن ایجاد می‌شود.

۱ـ همه‌ی گازها از ذره‌های بسیار کوچکی (اتم یا مولکول) تشکیل شده‌اند. ذره‌هایی که می‌توان حجم آن‌ها را در مقایسه با حجمی که گاز اشغال کرده است، نادیده گرفت.

۲ـ اتم‌ها یا مولکول‌های گاز پیوسته در حرکتند. آن‌ها، اغلب با یک‌دیگر و با دیواره‌ی ظرفی که در آن قرار دارند، برخورد می‌کنند. فشار یک گاز، نتیجه‌ی برخورد ذره‌های سازنده‌ی آن با دیواره‌ی ظرف است، شکل ۱۵.

میانگین سرعت حرکت مولکول‌های گاز نیتروژن در دمای اتاق ۵۱۵ m/s است. یعنی نزدیک به ۱۸۵۴ کیلومتر در ساعت است.

۳ـ ذره‌های یک گاز به هنگام برخورد با یک‌دیگر می‌توانند بخشی از انرژی جنبشی خود را از دست بدهند یا بر آن بیفزایند، ولی در مجموع مقدار کل انرژی جنبشی آن‌ها تغییری نمی‌کند.

۴ـ در یک دمای معین، ذره‌های سازنده‌ی یک گاز سرعت‌ها و انرژی‌های جنبشی متفاوتی دارند. اما، میانگین انرژی جنبشی آن‌ها ثابت است و تنها به دمای گاز بستگی دارد. میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده‌ی همه‌ی گازها در یک دمای معین با هم برابر است و با افزایش دما، میانگین سرعت‌ها و انرژی‌های جنبشی آن‌ها افزایش می‌یابد.

به انرژی یک جسم در حال حرکت، انرژی جنبشی می‌گویند. انرژی جنبشی به جرم جسم و سرعت حرکت آن بستگی دارد. از دو جسم که با سرعت یکسان حرکت می‌کنند، آن که سنگین‌تر است، انرژی جنبشی بیش‌تری دارد. از میان دو جسم با جرم‌های مساوی که با سرعت‌های متفاوت حرکت می‌کنند، جسمی که سرعت بیش‌تری دارد، انرژی جنبشی بیش‌تری نیز خواهد داشت.

به گازهایی که رفتار آن‌ها با توجه به نظریه‌ی جنبش مولکولی گازها قابل پیش‌بینی باشد، **گازهای ایده‌آل** می‌گویند. بیش‌تر گازهای موجود در هواکره رفتاری شبیه به گازهای ایده‌آل از خود نشان می‌دهند.



فکر کنید

به کمک نظریه‌ی جنبش مولکولی گازها هریک از مشاهده‌های زیر را شرح دهید:

۱ـ با کاهش حجم یک نمونه گاز در دمای ثابت، فشار گاز افزایش می‌یابد.

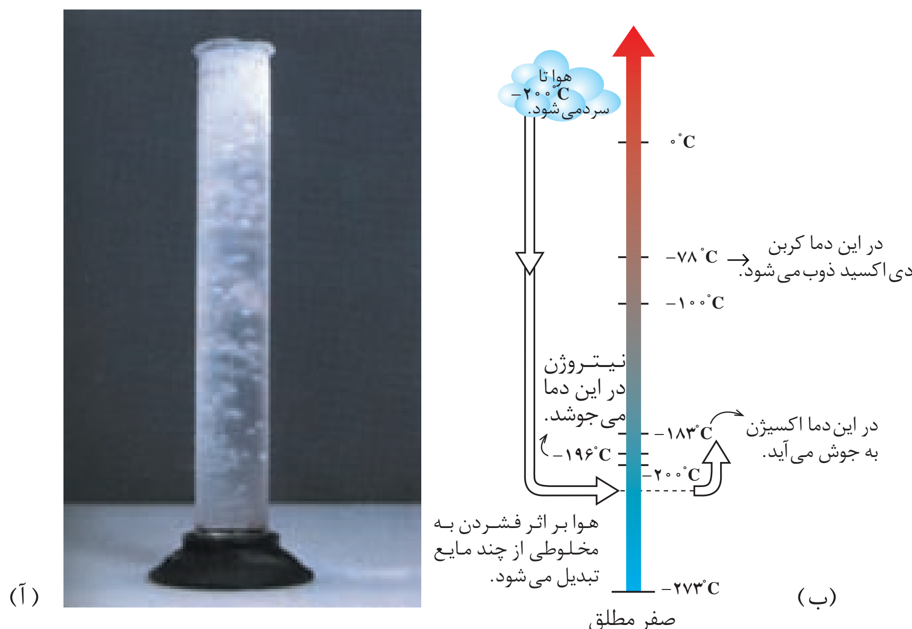
۲ـ در حجم ثابت، با کاهش دمای یک گاز، فشار آن کاهش می‌یابد.

اکنون که شما شیوه‌ی توجیه برخی خواص گازها توسط شیمیدان‌ها را آموختید، نوبت به آن رسیده است که دوباره به هواکره برگردیم و آن را از دو جنبه‌ای که در مقدمه‌ی این بخش معرفی شد، مورد بررسی قرار دهیم.

هواکره معدنی سرشار از مواد شیمیایی

اگر به جدول ۱ از نو نگاهی بیندازید، فهرستی از گازهای سودمندی را خواهید دید که هواکره را می‌توان معدن آن‌ها نامید. نیتروژن، اکسیژن، آرگون و نئون از جمله گازهایی هستند که در مقیاس صنعتی از هواکره به‌دست می‌آیند.

اگر هوا را زیر فشار زیاد تا $-۲۰۰^\circ C$ سرد کنیم، مخلوط بسیار سردی از چند مایع به‌دست می‌آید که **هوای مایع** نامیده می‌شود، شکل ۱۶ـ آ. با تقطیر جزء به جزء این مایع می‌توان هریک از اجزای سازنده‌ی آن را جدا کرد. اگر دمای **هوای مایع** را به‌آرامی افزایش دهیم، هر مایع موجود در این مخلوط در نقطه‌ی جوش خود تبخیر می‌شود و می‌توان بخارهای آن را سرد و به‌طور جداگانه جمع‌آوری کرد، شکل ۱۶ـ ب.



شکل ۱۶ آ) هوای مایع ب) تقطیر جزء به جزء هوای مایع

افزون بر تهیه‌ی نیتروژن و اکسیژن، گاز آرگون یکی از مهم‌ترین فراورده‌هایی است که از هوا به دست می‌آید، شکل ۱۷. هم‌چنین از نیتروژن هوا نیز به‌طور مستقیم برای تولید فراورده‌های مهمی چون آمونیاک و نیتریک اسید استفاده می‌شود.



شکل ۱۷ واحد تولید گاز آرگون در مجتمع پتروشیمی شیراز. این واحد که در سال ۱۳۷۳ به بهره‌برداری رسیده است، سالانه ۵۰۰۰ تن گاز آرگون تولید می‌کند. گاز آرگون برای جوشکاری، برشکاری و پرکردن لامپ‌های مهتابی به کار می‌رود.

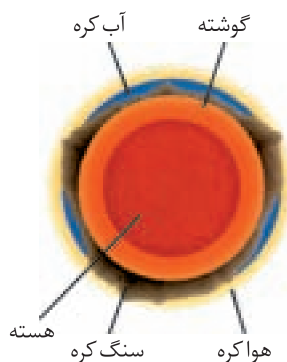
فکر کنید

از جدول ۱ مقادیر گازهای هلیم (He)، نئون (Ne)، آرگون (Ar)، کریپتون (Kr) و زنون (Xe) موجود در هوا کره را استخراج کنید. با توجه به این که هواکره مهم‌ترین منبع این گازها به‌شمار می‌آید، به‌نظر شما چرا این مواد را **گازهای کمیاب** یا **نادر** نامیده‌اند؟



اکسیژن، فراوان‌ترین عنصر در کره‌ی زمین

اکسیژن بی‌تردید مهم‌ترین عنصر موجود در کره‌ی زمین و یکی از عنصرهای ضروری برای ادامه‌ی زندگی است. اکسیژن بسیار فراوان است و در هر سه بخش بیرونی کره‌ی زمین (هوا کره، آب کره و سنگ کره) یافت می‌شود، شکل ۱۸.



شکل ۱۸ نمایش بخش‌های پنج گانه‌ی کره‌ی زمین (از درون به بیرون: هسته، گوشته، سنگ کره، آب کره و هوا کره)

اکسیژن در هوا کره به صورت اکسیژن مولکولی (O_2) وجود دارد. در آب کره (شامل اقیانوس‌ها، دریاها، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها) در ساختار مولکول‌های آب (H_2O) یافت می‌شود و در سنگ کره (پوسته‌ی جامد کره زمین) به‌صورت ترکیب‌شده با عنصرهای دیگر مشاهده می‌شود. اکسیژن را در بسیاری از ترکیب‌های سازنده‌ی بدنِ موجودات زنده می‌توان یافت. همه‌ی مواد غذایی- کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتیین‌ها- ترکیب‌های اکسیژن‌دار هستند.

هنگام تنفس، با کشیدن هوا به درون شش‌ها اکسیژن مولکولی (O_2) وارد جریان خون می‌شود و به کمک این جریان به نزدیکی بافت‌های بدن انتقال می‌یابد. در آن‌جا، اکسیژن با غذایی که خورده‌ایم ترکیب می‌شود و با آزاد کردن انرژی شیمیایی نهفته در آن

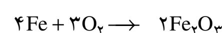


ماده‌ی غذایی، انرژی موردنیاز بدن را تأمین می‌کند.

البته اکسیژن اثرهای نامطلوبی هم دارد. برای مثال، اکسیژن، آهن را به زنگ آهن تبدیل می‌کند، شکل ۱۹، باعث فساد مواد غذایی می‌شود و به پوسیده‌شدن چوب نیز کمک می‌کند.



شکل ۱۹ اکسیژن سبب زنگ‌زدن بدنه‌ی آهنی خودروها می‌شود و به این‌ترتیب، به ما خسارت وارد می‌کند.



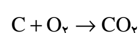
$4Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$

آهن ـــ زنگ آهن

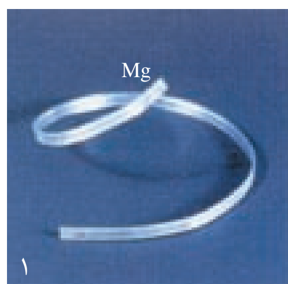
هم‌چنین اکسیژن به آسانی با عنصرهای دیگر نیز واکنش می‌دهد و ترکیب‌های سودمندی را به‌وجود می‌آورد که **اکسید** نامیده می‌شوند. آب (H_2O) یک اکسید است و از واکنش هیدروژن (H_2) و اکسیژن (O_2) به‌دست می‌آید. **اکسایش** نامی است که به چنین واکنشی داده‌اند. برخی از واکنش‌های اکسایش بسیار سریع روی می‌دهند و با ایجاد شعله و آزاد کردن مقدار زیادی گرما، صوت و نور همراه‌اند، شکل‌های ۲۰ و ۲۱. به این نوع واکنش اکسایش، **سوختن** یا **احتراق** می‌گویند. انرژی آزاد شده در هنگام سوختن به‌اندازه‌ای هست که ماده‌ی سوختنی را ابتدا به بخار تبدیل کند و سپس آن را با اکسیژن هوا واکنش دهد.

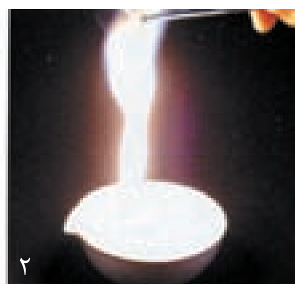


شکل ۲۰ هنگامی که زغال‌سنگ می‌سوزد، انرژی شیمیایی خود را به‌صورت گرما و نور آزاد می‌کند. در این فرایند، اکسیژن هوا، کربن موجود در زغال‌سنگ را به کربن دی‌اکسید تبدیل می‌کند.



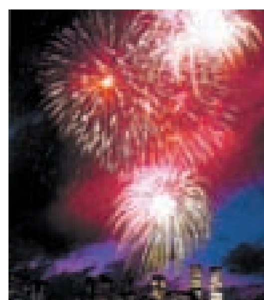
$C + O_2 \rightarrow CO_2$





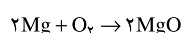


(آ)



(ب)

شکل ۲۱ آ) واکنش فلز منیزیم با اکسیژن هوا ب) از گرد منیزیم در تولید فشفشه و مواد آتش‌بازی دیگر استفاده می‌شود.

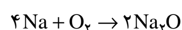


$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$

برخی دیگر از واکنش‌های اکسایش نسبت به سوختن انرژی کم‌تری آزاد می کنند و به این علت با ایجاد شعله همراه نیستند. برای مثال فلز سدیم در تماس با هوا به آهستگی با اکسیژن واکنش می‌دهد و به سدیم اکسید تبدیل می‌شود، شکل ۲۲.



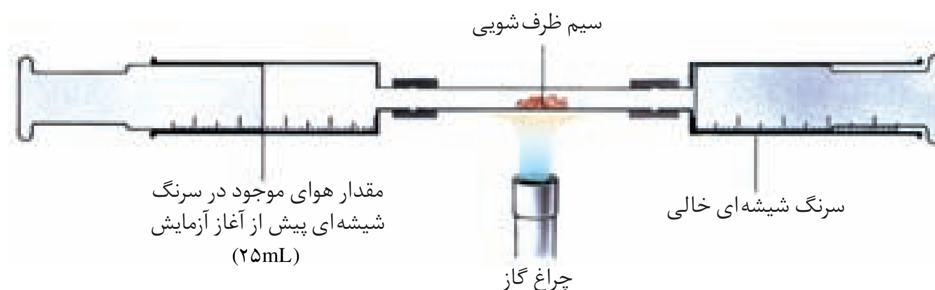
شکل ۲۲ فلز سدیم بسیار نرم است، به‌طوری که می‌توان آن را با چاقو به‌آسانی برید. هنگامی که سطح تازه بریده شده‌ی این فلز در تماس با هوا قرار می‌گیرد، رفته‌رفته درخشش خود را از دست می‌دهد. زیرا، در حضور اکسیژن، سدیم به سدیم اکسید تبدیل می‌شود. برای جلوگیری از این واکنش فلز سدیم درون نفت نگاه‌داری می‌شود.



$$۴Na + O_۲ \rightarrow ۲Na_۲O$$

فکر کنید

شکل زیر آزمایشی را نشان می‌دهد که به کمک آن می‌توان درصد اکسیژن هوا را اندازه‌گیری کرد. به نظر شما با این آزمایش چگونه می‌توان درصد اکسیژن هوا را اندازه گرفت؟



در سراسر جهان سالانه مقدار بسیار زیادی گاز اکسیژن و اکسیژن مایع از تقطیر جزء‌به‌جزء هوا تولید می‌شود. گاز اکسیژن در صنایع فولاد و صنایع شیمیایی برای تولید نیتریک اسید و سولفوریک اسیدکاربرد دارد. از اکسیژن مایع نیز به‌عنوان اکسیدکننده در سوخت موشک‌ها و فضاپیماها استفاده می‌شود، شکل ۲۳.





شکل۲۳ فضا پیماها برای حرکت در فضا،اکسیژن مایع با خود حمل می کنند.

هواکره ظرفی برای دور ریختن مواد زاید

از گذشته های دور، مردم آموخته اند که آتش را کنترل و دود سمی و کشنده ی حاصل از آن را از فضای خانه خویش دور کنند. اگر کره ی زمین را خانه بسیار بزرگ تری تصور کنیم که هواکره سقف آن است، در واقع آن ها گازهای سمی و مزاحم خود را به خانه ی بزرگ تر خویش می ریختند. طبیعت نیز سخاوت مندانه به کمک باران مقدار زیادی از این گازهای خطرناک را می شست و پس از فرو ریختن آن ها روی زمین، توسط باکتری ها آن ها را به فراورده های بی خطری تجزیه می کرد. بخشی نیز توسط گیاهان جذب و به فراورده های سودمندی تبدیل می شد. به این ترتیب، توازن میان فعالیت های انسانی و طبیعت برقرار می ماند و در نهایت این گازهای خطرناک مزاحمتی برای زندگی انسان و محیط زیست به وجود نمی آوردند. اما، در چند سده ی گذشته به ویژه پس از انقلاب صنعتی اروپا و گسترش روزافزون صنایع گوناگون، نیاز به انرژی چندین برابر شد و مصرف زغال سنگ روبه فزونی گذاشت، شکل ۲۴.

در سده ی نوزدهم با پیدایش نفت و گسترش فراورده های نفتی در سراسر جهان، افزون بر ورود مقادیر زیادی گازهای حاصل از سوختن آن ها، گازهای خطرناک تر دیگری نیز که فراورده ی اصلی یا فرعی بسیاری از صنایع بودند، به هواکره وارد شدند . رشد سرسام آور جمعیت، افزایش شمارصنایع آلوده کننده و ورود فناوری های تازه ای در سده ی بیستم این توازن یا برابری طبیعی را برهم زد و محیط زیست را با خسارت های جبران ناپذیری رو به رو



شکل ۲۴ دود ناشی از سوختن زغال سنگ در یک نیروگاه در لندن، انگلستان.

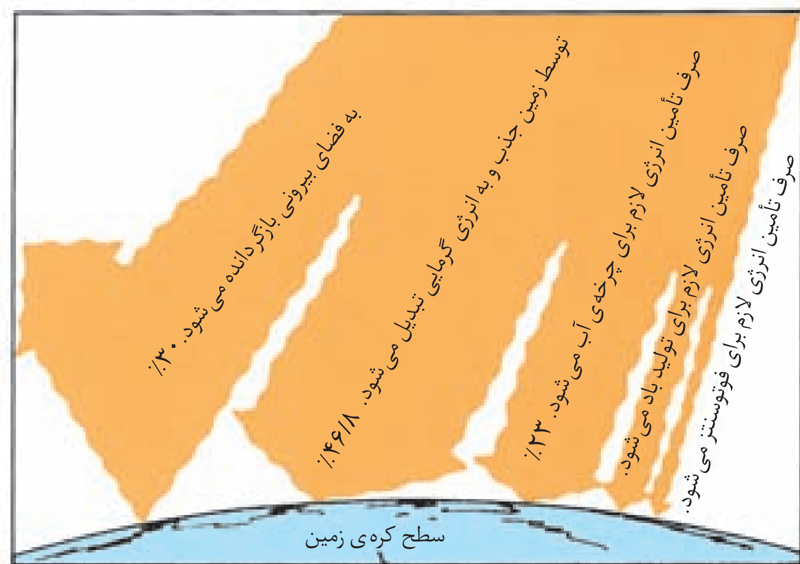
کرد. گسترش دانش بشری از یک سو و نیاز به داشتن محیطی سالم برای زندگی، از سوی دیگر، سبب شد که به آسیب‌های زیست‌محیطی برخاسته از آلودگی هوا توجه بیش‌تری شود و تلاش‌های فراوانی برای رفع آن‌ها به‌عمل آید. به این علت هواکره مورد توجه گروه‌های پژوهشی بسیاری در سراسر جهان قرار گرفت. امروزه یافته‌های این پژوهش‌ها تا اندازه‌ای پرده از اسرار هواکره برداشته است. یافته هایی که در ادامه به برخی از آن ها اشاره خواهیم کرد.

هواکره چه نقشی ایفا می کند؟

جایی را تصور کنید که در آن‌جا تابش آفتاب پوست بدن را در چند دقیقه می‌سوزاند و سنگ‌ها را آن‌چنان داغ می کند که می‌توان تخم‌مرغی را روی آن‌ها نیمرو کرد. شب‌ها نیز آن‌چنان سرد می‌شود که گاز کربن‌دی‌اکسید موجود در آن به یخ‌خشک تبدیل می‌شود. کره‌ی ماه چنین جایی است، شرایط بسیار سختی که به‌علت نبودن هواکره به‌وجود آمده است. اما، در کره‌ی زمین، هواکره هم‌چون پوشش محافظی، از ورود بیش از اندازه‌ی پرتوهای خورشیدی جلوگیری می کند و شرایط مناسبی را برای ادامه‌ی زندگی در این سیاره فراهم می‌آورد.

درک بهتر نقش هواکره در ایجاد چنین آب و هوای مطلوبی تنها با شناخت چگونگی برهم‌کنش تابش پرانرژی خورشید با هواکره امکان‌پذیر است. خورشید بر سطح زمین می‌تابد و آن را گرم می کند. سطح گرم‌شده‌ی زمین نیز هوای روی خود را گرم می کند. از آن‌جا که چگالی هوای گرم کم‌تر است، به‌سمت بالا حرکت می کند. هوای سردتر نیز که چگالی بیش‌تری دارد به پایین می‌آید. این جابه‌جایی‌های هوای سرد و گرم، جریان‌های هوایی پیوسته‌ای را به‌وجود می‌آورد که عامل تغییر وضعیت آب و هوا در جهان است.

میانگین دما در سطح کره‌ی زمین $15^{\circ}C$ است. این دمای مناسب از برابری میان جریان ورودی انرژی از خورشید و جریان برگشتی انرژی به فضا ایجاد شده است، شکل ۲۵. گفتنی است که میزان این جریان برگشتی را ویژگی‌های سیاره‌ی ما معین می کند.



شکل ۲۵ سرنوشت انرژی خورشیدی به هنگام تابش بر کره‌ی زمین.



فکر کنید

با توجه به شکل ۲۵ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱ـ به‌نظر شما چه عواملی در کره‌ی زمین سبب می‌شود که حدود ۳۰ درصد از انرژی خورشید، پس از ورود به کره‌ی زمین، به فضا برگردانده شود؟

۲ـ چند درصد از انرژی جذب‌شده توسط زمین باعث گرم‌شدن هواکره، اقیانوس‌ها و قاره‌ها می‌شود؟

۳ـ کدام‌یک از این انرژی‌های جذب‌شده، شب‌هنگام نیز گرمابخش سیاره‌ی ماست؟ چرا؟

بیش‌تر بدانید



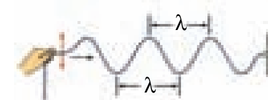
نمایی از یک منطقه‌ی بیابانی در شبه جزیره‌ی عربستان.

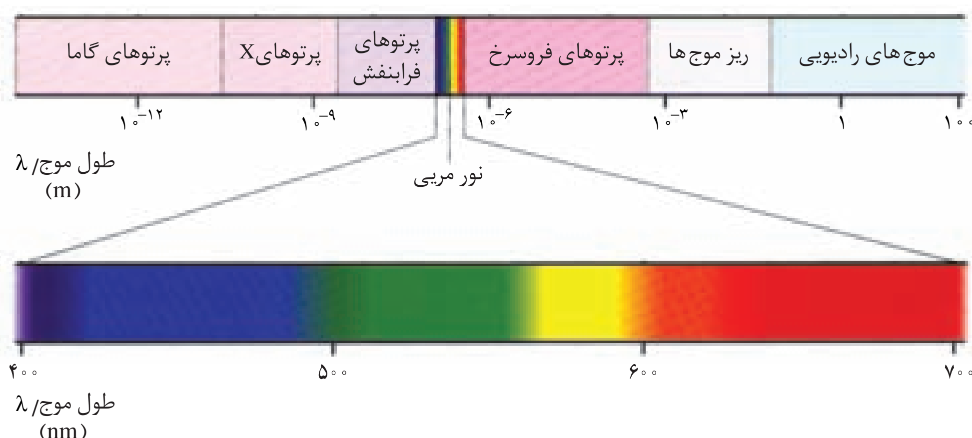
حدود ۹۵٪ از انرژی رسیده به سطح زمین به‌وسیله‌ی اقیانوس‌ها جذب می‌شود. تعجب نکنید، زیرا، همان‌طوری که می‌دانید حدود ۷۵ درصد از سطح زمین را آب‌های تیره رنگ و نفوذپذیر اقیانوس‌ها پوشانده‌اند. این درحالی است که سطح خشکی‌ها رنگ روشن‌تری دارند و مقدار زیادی از تابش خورشیدی را منعکس می‌کنند. برای مثال، نواحی بیابانی زرد رنگ و نواحی قطبی و برف‌گیر سفید رنگند. بنابراین، تغییر میزان بازتابندگی سطح زمین نیز می‌تواند در تغییر دمای زمین مؤثر باشد. به‌نظر شما، اگر روی برف‌ها و یخ‌های موجود در قطب‌های جنوب و شمال لایه‌ای از غبار ریخته شود، دمای زمین چه تغییری خواهد کرد؟

اثر گلخانه‌ای

در علوم دوره‌ی راهنمایی با نور به‌عنوان یک موج الکترومغناطیس آشنا شده‌اید و می‌دانید که نور خورشید مجموعه موج‌هایی با طول موج‌های مختلف است، شکل ۲۶. از سوی دیگر، می‌دانید که موج‌های الکترومغناطیس با خود انرژی حمل می‌کنند و هرچه طول موج آن‌ها کوتاه‌تر باشد، انرژی آن‌ها بیش‌تر است.

طول موج (λ) یک مشخصه‌ی مهم موج است.





شکل ۲۶ طیف موج‌های الکترومغناطیس. توجه کنید که نور مریی (تابشی که چشم ما آن را تشخیص می‌دهد) بخش کوچکی از این طیف را تشکیل می‌دهد.

فکر کنید

با توجه به شکل ۲۶ کدام پرتوها، انرژی کم‌تری دارند، فرابنفش یا فروسرخ؟ چرا؟

نور خورشید به هنگام گذشتن از هوا کره با مولکول ها و ذره های دیگر موجود در آن برخورد می کند. برخی از این پرتوها آن‌چنان پرانرژی هستند که هنگام رویارویی با مولکول ها، آن‌ها را درهم می شکنند. برخی نیز انرژی کم‌تری دارند و تنها انرژی جنبشی مولکول ها را افزایش می دهند و سبب بالارفتن دمای گازهای هوا کره می شوند.

هنگامی که نور خورشید بر زمین می‌تابد مقداری از پرتوهای پرانرژی خورشید جذب زمین می‌شود و آن را گرم می کند. زمینِ گرم شده، مانند اُتو یا هر جسم داغ دیگری از خود انرژی می‌تاباند. این انرژی که به‌صورت پرتوهای الکترومغناطیس تابانده می‌شود، انرژی کم‌تری (طول موج بلندتری) نسبت به پرتوهای خورشیدی جذب شده، دارند. این پرتوهای بازتابیده از زمین، آسان‌تر از پرتوهای خورشیدی به‌وسیله‌ی مولکول های هوا جذب می‌شوند. این پدیده است که سبب گرم شدن هوا کره می‌شود.

کربن دی‌اکسید (CO_2)، بخار آب (H_2O) و متان (CH_4) مولکول های جذب کننده‌ی بسیار خوبی هستند. ابرها (قطره‌های فشرده شده‌ی آب یا یخ) نیز این پرتوها را به‌خوبی جذب می کنند. انرژی جذب‌شده به وسیله‌ی این مولکول ها، دوباره به‌صورت پرتوهایی با انرژی کم‌تر به زمین بازتابانده می‌شود. به هنگام روز این انرژی بین زمین و مولکول های هوا کره بارها دست‌به‌دست می‌شود و انرژی به دام افتاده کره‌ی ما را گرم نگاه می‌دارد. اما شب هنگام بخشی از این انرژی جذب‌شده به بیرون از هوا کره باز تابانده می‌شود.

در صورت نبودن مولکول های آب و کربن دی‌اکسید در هواکره ـ مولکول هایی که انرژی گرمایی را پیوسته از زمین می گیرند و باز به آن پس می‌دهند ـ میانگین دمای سیاره‌ی ما از $15^\circ C$ به $-25^\circ C$ می‌رسید. دمایی که بسیار نزدیک به دمای کره‌ی بهرام (مریخ) است.

این پدیده، یعنی به‌دام انداختن و برگرداندن انرژی تابشی به وسیله‌ی مولکول های کربن دی‌اکسید و گازهای دیگر موجود در هوا کره را **اثرگلخانه‌ای** نامیده‌اند، شکل ۲۷. در ضمن گازهایی که به این روش باعث گرم شدن زمین می‌شوند **گازهای گلخانه‌ای** نامیده می‌شوند.



شکل ۲۷ نور خورشید از راه شیشه وارد گلخانه می‌شود. گیاهان و خاک این انرژی را جذب می کنند و پرتوهای کم‌انرژی فرو سرخ را باز می‌تابانند. این پرتوهای کم‌انرژی، نمی تواند از شیشه بگذرد. بنابراین، در گلخانه به‌دام می‌افتند و درون آن را گرم می کنند.



فکر کنید

۱ـ چرا رانندگان خودرو از صاف شدن هوا در شب یک روز برفی، نگران می‌شوند؟
۲ـ اگرمقدار گازهای گلخانه‌ای در تروپوسفر بر اثر فعالیت‌های صنعتی افزایش یابد دمای زمین چه تغییری می‌کند؟

بیش تر بدانید

چنان که می‌دانید، گاز متان یک گاز گلخانه‌ای است و افزایش مقدار آن سبب افزایش دمای زمین می‌شود. یکی از تولیدکنندگان عمده‌ی گاز متان موریانه‌ها هستند. هنگامی که موریانه‌ها چوب را می‌خورند، متان، کربن دی‌اکسید و ترکیب‌های شیمیایی دیگری تولید می‌کنند. تخمین زده شده است که موریانه‌ها سالانه ۱۶۵ میلیون تُن متان و ۵۵ میلیون تُن کربن دی‌اکسید تولید می‌کنند. آشکار است که میزان متان و کربن دی‌اکسید تولید شده به‌وسیله‌ی موریانه‌ها بسیار قابل توجه است و بنابراین بعید نیست که با ایجاد شرایط محیطی مناسب، جمعیت آن‌ها افزایش یابد و به این ترتیب، مقدار بسیار بیش‌تری متان به هواکره وارد شود. آیا می‌توان افزایش دمای زمین را به گردن موریانه‌ها انداخت؟!



موریانه‌ها از جمله حشره‌هایی هستند که به صورت جمعی زندگی می‌کنند.

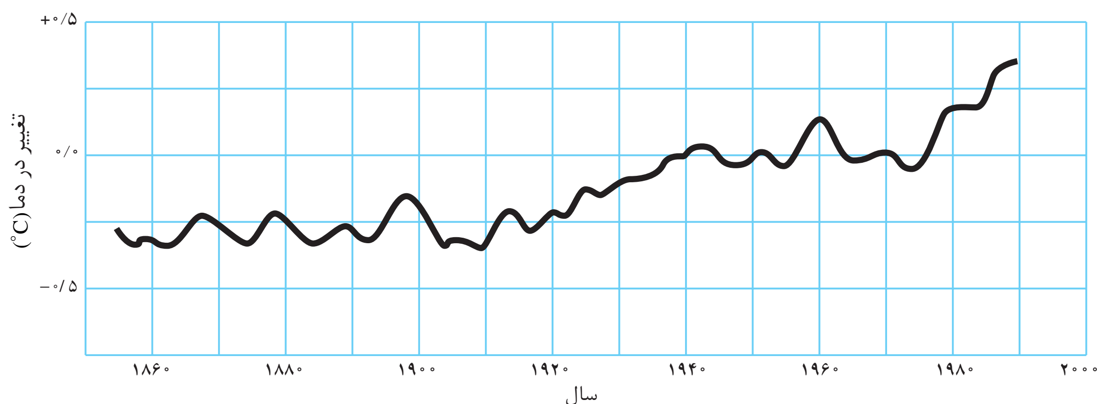
برخی بر این باورند که

آینده‌ی انتشار گازهای گلخانه‌ای در هواکره، به روند رشد جمعیت و مسایل اقتصادی، اجتماعی و فناورانه در همه‌ی کشورهای جهان بستگی دارد.

این دیدگاه را در کلاس نقد کنید.

چه آینده‌ای در انتظار ماست؟!

فعالیت‌های انسانی سبب شده است که نسبت به سده‌ی گذشته میزان کربن دی اکسید در هواکره، حدود ۱۵ درصد افزایش یابد. از بین بردن جنگل‌ها و پوشش‌های گیاهی، سوزاندن زباله‌ها و از همه مهم‌تر سوزاندن نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ از جمله‌ی فعالیت‌هایی هستند که باعث افزایش مقدار CO_2 در هوا شده‌اند. شواهد نشان می‌دهد که میانگین دمای سطح زمین تاکنون بین $0/3°C$ تا $0/6°C$ افزایش یافته است، شکل ۲۸.



شکل ۲۸ روند گرم شدن جهان در چند دهه‌ی گذشته

پیش‌بینی شده است که در صورت ادامه‌ی روند کنونی گرم شدن زمین، سطح آب دریاها تا سال ۲۱۰۰ حدود ۵۰cm بالا خواهد آمد.

اگر روند کنونی ادامه یابد، پیش‌بینی می‌شود که هر ده سال ۰/۳°C بر میانگین دمای زمین افزوده شود. جدول۳ میزان تولید CO_2 ناشی از مصرف فراورده‌های نفتی در سال‌های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۷ در ایران و جهان را نشان می‌دهد.

جدول۳ میزان سالانه‌ی تولید CO_2 از فراورده‌های نفتی در ایران و جهان در سال‌های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۷

مقدار CO_2 تولیدشده (میلیون تُن)	سال	۱۹۸۹	۱۹۹۰	۱۹۹۱	۱۹۹۲	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷
	ایران	۱۴۵	۱۵۰	۱۵۸	۱۶۰	۱۶۸	۱۶۶	۱۶۵	۱۵۵	۱۷۳
	جهان	۸۸۸۷	۸۹۰۷	۸۹۳۲	۸۹۴۸	۹۱۱۱	۹۱۷۳	۹۲۴۹	۹۴۸۳	۹۶۶۷

۱ـ با توجه به داده‌های جدول۳ نمودار میزان تولید سالانه‌ی کربن دی‌اکسید جهان را در سال‌های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۷ رسم کنید. مقدار CO_2 تولیدی جهان را روی محور عمودی و از مقدار ۸۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ میلیون تُن نشان دهید. سال‌ها را روی محور افقی ببرید و از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ مدرج کنید. یک‌یک نقطه‌ها را روی نمودار پیدا کنید و از اتصال آن‌ها به یک‌دیگر یک منحنی هموار رسم کنید. (سعی نکنید یک خط راست بکشید یا همه‌ی نقطه‌ها را به هم وصل کنید. یک منحنی هموار، روند تغییرات را نشان می‌دهد.)

۲ـ فرض کنید همین روند در منحنی شما از سال ۱۹۹۸ تا سال ۲۰۲۰ نیز ادامه پیدا کند با نقطه‌چین منحنی را تا سال ۲۰۲۰ ادامه دهید (به این کار برون‌یابی می‌گویند). این کار پیش‌بینی آینده را بر اساس روند فعلی ممکن می‌سازد. اکنون با کمک این نمودار می‌توانید درباره‌ی آینده پیش‌بینی کنید.

آ) مقدار CO_2 را در امسال و در سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی کنید.

ب) چه عواملی سبب خواهد شد تا برون‌یابی شما نادرست از کار درآید؟

۳ـ به نظر شما در صورت افزایش دمای کره‌ی زمین، چه حوادثی ممکن است در جهان رُخ دهد؟

۴ـ در یک فعالیت گروهی راه‌هایی برای کاهش میزان کربن دی‌اکسید هوا کره پیشنهاد کنید.



در پناه اوزون

اگرچه برای سلامتی به مقدار کمی تابش فرابنفش نیازمندیم، اما مقدار زیاد آن بسیار خطرناک خواهد بود. در حقیقت، اگر همه ی تابش فرابنفش موجود در نور خورشید به سطح زمین برسد، موجودات زنده آسیبی جدی خواهند دید. انرژی تابش فرابنفش به اندازه‌ای است که می‌تواند پیوندهای کووالانسی را بشکند و مولکول ها را تخریب کند. تغییر شیمیایی ایجاد شده بر اثر تابش فرابنفش، سبب آفتاب سوختگی و سرطان در انسان‌ها می‌شود و بسیاری از فرایندهای زیستی را متوقف می کند. خوشبختانه، زمین در برابر این تابش خطرناک از یک پوشش محافظ به نام **لایه‌ی اوزون** برخوردار است. این لایه نام خود را از نام مولکول های سازنده اش گرفته است. اوزون مولکولی سه اتمی است که از اتصال سه اتم اکسیژن تشکیل شده است و آن را با فرمول شیمیایی O_3 نشان می دهند. اگرچه در هر ارتفاعی از هواکره می‌توان مقدار بسیار ناچیزی اوزون یافت، با این حال بیش از ٩٠٪ از همه‌ی اوزون موجود، در فاصله ١٥ تا ٥٠ کیلومتری سطح زمین یعنی در لایه‌ی استراتوسفر جمع شده است. در واقع لایه‌ی اوزون ناحیه‌ای از استراتوسفر است که اوزون در آن جا بیش‌ترین غلظت را داراست. اندازه گیری ها نشان می دهد که غلظت اوزون در این لایه بین ١ ppm تا ٣ppm متغیّر است. غلظتی آن‌قدر ناچیز که اگر در فشار ١atm همه‌ی مولکول های اوزون را روی سطح زمین جمع کنیم، لایه‌ای به ضخامت ٣mm تشکیل می‌دهد. لایه‌ای به ضخامت سی برگ از کتاب شیمی شما! لایه اوزون با این غلظت اندک مانند یک صافی قوی عمل می کند و حدود ٩٩٪ از تابش فرابنفش خورشید را که به استراتوسفر می‌رسد به دام می اندازد. اما چگونه؟

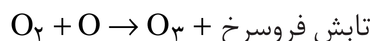
اوزون (O_3) و اکسیژن (O_2) دو شکل متفاوت از یک عنصرند. به موادی که چنین رابطه‌ای با یک دیگر دارند، دگِر شکل یا آلوتروپ می‌گویند.

هر مولکول اوزون موجود در استراتوسفر بر اثر رویارویی با تابش فرابنفش می شکند و به یک مولکول اکسیژن (O_2) و یک اتم اکسیژن (O) تبدیل می‌شود:



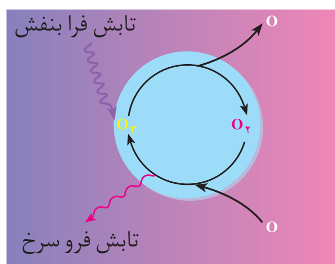
$$O_3 + \text{تابش فرابنفش} \rightarrow O_2 + O$$

ذره های به‌وجودآمده از شکسته‌شدن هر مولکول اوزون، می‌توانند به هم متصل شوند و دوباره مولکول اوزون را به‌وجود آورند:



$$O_2 + O \rightarrow O_3 + \text{تابش فروسرخ}$$

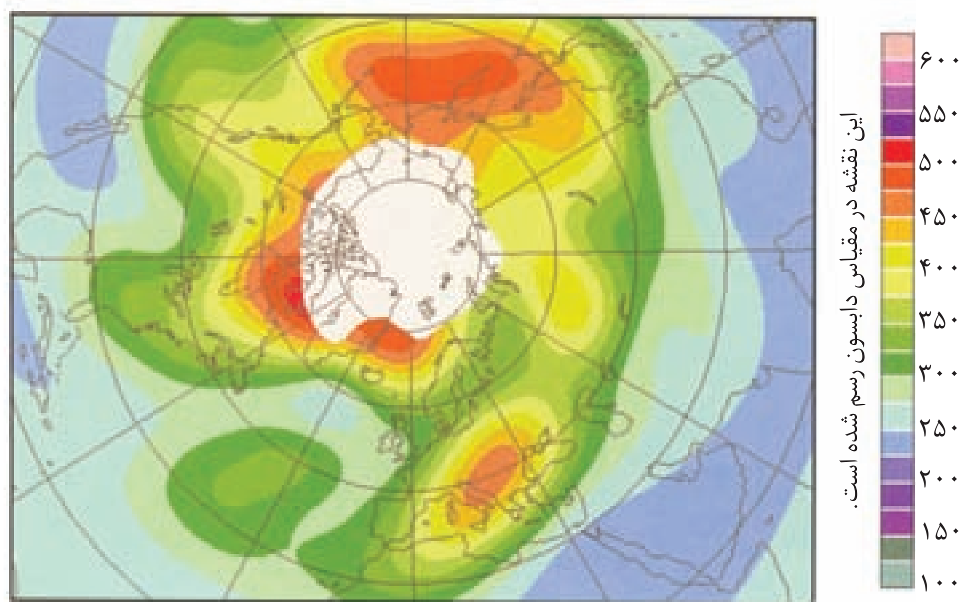
این فرایندِ دو مرحله‌ای بارها تکرار می‌شود و به این ترتیب تابش فرابنفش خورشیدی را پیوسته جذب می کند، شکل ٢٩.



شکل٢٩ چرخه‌ی اوزون در استراتوسفر. با اجرای این فرایندِ چرخه‌ای، غلظت اوزون در استراتوسفر تقریباً ثابت می‌ماند.

همان‌گونه که در شکل ۲۹ مشاهده می‌شود، هر مولکول اوزون با جذب پرتوهای پرانرژی فرابنفش، می‌شکند و با تشکیل دوباره ی آن، پرتوهای کم‌انرژی‌تر فروسرخ را گسیل می کند.

هر عاملی که در این چرخه اختلال ایجاد کند، تولید دوباره‌ی اوزون را به‌مخاطره می‌اندازد. فعالیت‌های انسانی مدت‌هاست که این اختلال را ایجاد کرده است. امروزه ثابت شده است که دسته‌ای از ترکیب‌های شیمیایی به نام کلروفلوئوروکربن ها یا CFCها باعث نابودی اوزون شده‌اند. از این مواد به‌عنوان پیشران در افشانه‌ها یا گاز سرمازا در یخچال‌ها و کولرهای گازی استفاده می شود . نابودی اوزون به‌صورت نازک‌شدن و در نهایت سوراخ‌شدن لایه‌ی اوزون بروز می کند. در سال ۱۹۸۵ با کشف حفره‌ای در لایه‌ی اوزونِ موجود بر فراز قطب جنوب، گروه‌های پژوهشی بسیاری در سراسر جهان مطالعه روی عوامل نابودکننده‌ی اوزون و اثرهای زیستی ناشی از افزایش تابش فرابنفش بر سطح زمین را آغاز کردند.امروزه حفره‌ی مشابهی نیز برفراز قطب شمال شناخته شده است،شکل ۳۰.



شکل۳۰ این نقشه‌ی ماهواره‌ای که در ۱۳ فوریه سال ۱۹۹۸ گرفته شده است، حفره‌ی بزرگی (ناحیه‌ی سفید رنگ) در لایه‌ی اوزون موجود در بالای قطب شمال را نشان می‌دهد.

این مطالعات نشان داده است که بر اثر تابش فرابنفش در استراتوسفر مولکول‌های CFC می‌شکنند و اتم‌های کلر ایجاد می‌شود. هر اتم کلر ایجادشده، می‌تواند بیش از ۱۰۰۰۰۰ مولکول اوزون را نابود کند، شکل ۳۱. به این علت در سال ۱۹۸۷ سازمان ملل‌متحد، توافق‌نامه‌ای جهانی برای متوقف کردن تولید، فروش و توزیع مواد شیمیایی تخریب کننده‌ی لایه‌ی اوزون به‌ویژه CFCها تهیه کرد. این توافق‌نامه که به توافق‌نامه‌ی مونترآل معروف است، تا به‌حال به امضای بسیاری از کشورهای جهان رسیده است. رعایت این توافق‌نامه تا سال ۲۰۰۰ میزان تولید جهانی CFCها را تا ۵۰٪ کاهش داده است.

CFCها ترکیب‌هایی هستند که مولکول‌های آن‌ها از اتصال اتم‌های کلر (Cl)، فلوئور (F) و کربن (C) ساخته شده‌است. فرمول شیمیایی CFC ۱۱ و CFC ۱۲ که از جمله معروف‌ترین CFCها هستند و با نام تجاری فریون به فروش می‌رسند، به ترتیب $CFCl_3$ و CF_2Cl_2 است.

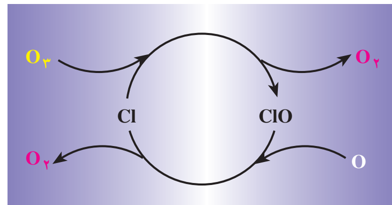


سال‌هاست که از کلروفلوئوروکربن‌ها به عنوان گاز یخچال استفاده می‌شود. اما اکنون در پی جایگزینی برای آن هستند.

یکای دابسون (DU) که معیاری از فراوانی اوزون استراتوسفری است، ضخامت لایه‌ای فرضی از گاز اوزون برحسب $\frac{1}{1000}$ سانتی‌متر است که بر اثر متراکم کردن گاز اوزون موجود در لایه‌ی استراتوسفر تا فشار و دمای اتاق، به‌دست می‌آید. از آن‌جا که میانگین فراوانی اوزون استراتوسفر در حالت طبیعی حدود ۳۰۰DU است، این لایه‌ی فرضی بایستی حدود ۰/۳cm ضخامت داشته باشد.

$$1DU = \frac{1}{1000}cm$$





شکل ۳۱ چرخه‌ی نابودی اوزون به وسیله‌ی اتمِ کلرِ (Cl) حاصل از شکسته شدن مولکول‌های CFC

چون تخریب لایه‌ی اوزون یک مسأله‌ی جهانی است، باید برای جلوگیری از ادامه‌ی آن به یک راه‌حل جهانی نیز دست یافت. به این منظور باید همه‌ی جهانیان دست‌به‌دست هم دهند و با هم‌فکری و هم‌کاری در صدد پاسداری از این حفاظ طبیعی برآیند. به این منظور، در سال ۱۹۹۵ سازمان ملل متحد روز ۱۶ سپتامبر (۲۵ شهریور) را که در آن توافق‌نامه‌ی مونترآل به امضای شماری از کشورها رسید، روز جهانی حفاظت از لایه‌ی اوزون نام نهاد.

فکر کنید

با دقت به شکل ۳۱ نگاه کنید. به‌نظر شما مولکول‌های اوزون در حضور اتم کلر به‌چه ذره‌هایی (اتم یا مولکول) تبدیل می‌شوند؟

همان‌گونه که می‌دانید، فعالیت‌های انسانی می‌تواند میانگین دمای جهان و میزان ورود تابش فرابنفش به‌سطح زمین را تغییر دهد. همه‌ی این‌ها، از ایجاد تغییراتی ناخواسته در غلظت معمولی موادی مانند اوزون و کربن دی‌اکسید در هواکره برخواسته است. شیمی هواکره بسیار پیچیده و مطالعه‌ی آن بسیار دشوار است، حتی اگر شواهدی دال بر دخالت انسان در ایجاد تغییر در هواکره در دسترس باشد.

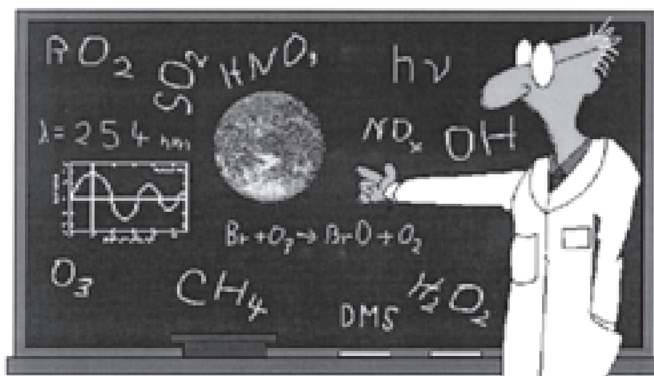
در ادامه به اثرهای دیگری می‌پردازیم که بازهم انسان خواسته یا ناخواسته به کمک آن‌ها زمینه‌ی ایجاد تغییر و دگرگونی در هواکره را فراهم آورده است.



به‌تازگی انجمن شیمی و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا با همکاری یک‌دیگر درس تازه‌ای را برای دانشجویان دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد تدوین کرده‌اند. این درس که شیمی سبز نامیده شده است درپی طراحی فرایندها و فراورده‌های شیمیایی تازه‌ای است که به کمک آن‌ها بتوان مصرف و تولید مواد شیمیایی خطرناک را کاهش داد یا متوقف کرد. در این طراحی‌ها باید تأثیر فرایندها و فراورده‌های شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست نیز همواره مدنظر باشد.

بیش تر بدانید

شیمیدان هوا کره فردی است که ترکیب شیمیایی طبیعی هواکره را بشناسد و از شیوه‌های برهم‌کنش گازها، مایع‌ها و جامدهای موجود در هواکره با سطح زمین و با موجودات زنده‌ای که روی زمین زندگی می‌کنند، آگاه و به چگونگی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی هواکره علاقه‌مند باشد. او کسی است که با پژوهش روی آثار زیان‌بار برخی از بحران‌های محیط زیستی که ناشی از تغییر در هواکره‌است، در جهت درک و حل امیدوارانه‌ی این بحران‌ها تلاش می‌کند. اهمیت این رشته‌ی تحصیلی در جهان از آن‌جا آشکار می‌شود که در سال ۱۹۹۵ دو شیمیدان هوا کره موفق به دریافت جایزه‌ی نوبل در شیمی شدند.



آلودگی هوا

هوای آلوده در شهرهای بزرگ کشور به‌ویژه تهران آن‌چنان عادی شده است که در گزارش‌های هواشناسی به غلظت برخی از آلاینده‌های معروف نیز اشاره می‌شود. بسته به این‌که در کجا زندگی می‌کنید، ممکن است خودروها، نیروگاه‌ها یا صنایع مختلف عوامل اصلی آلودگی هوا باشند. به‌هر حال، آلودگی هوا فقط مشکل فضاهای آزاد نیست، بلکه درون فضاهای بسته نیز با دود سیگار یا فراورده‌ها و بخارهای ایجادشده از سوختن برخی مواد شیمیایی مانند شمع یا دسته‌ی قابلمه آلوده می‌شود.

آلاینده به ماده‌ای گفته می‌شود که تولید و پراکنده شدن مقدار بیش از اندازه‌ی آن در محیط زیست به سلامتی انسان و دیگر جانداران آسیب برساند.

هوای آلوده بوی بدی دارد، چهره‌ی شهر را زشت می‌کند و مانعی برای دیدن منظره‌ی شهر در روز و ستاره‌ها در شب است. اما، فراتر از نامطبوع بودن، سالانه میلیاردها تومان خسارت به کشور وارد می‌کند. ساختمان‌ها و خودروها را دچار پوسیدگی می‌کند، از رشد فراورده‌های کشاورزی می‌کاهد و باعث کم‌شدن برخی گونه‌های جانوری می‌شود. هوای آلوده، بیماری‌های گوناگونی مانند برونشیت، آسم و سرطان ریه را به‌وجود می‌آورد یا بر شدت آن‌ها می‌افزاید. به این ترتیب، هزینه‌های بیمارستانی شهروندان را نیز افزایش می‌دهد، شکل ۳۲ .


(آ)


(ب)

شکل ۳۲ خودروها عامل اصلی آلودگی هوای تهران هستند. آ) تهران با هوایی آلوده
ب) همان نقطه با هوایی پاکیزه

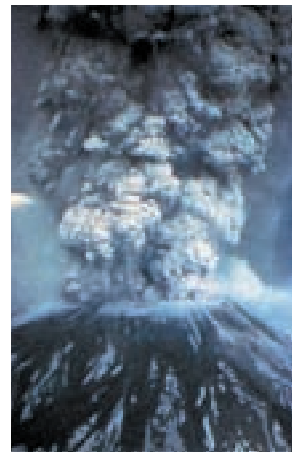
یک موتورسیکلت با پیمودن مسافت $1000km$، اکسیژن مورد نیاز برای یک سال زندگی یک انسان را نابود می‌کند.

امروزه داشتن هوای پاک دغدغه ی شمار روزافزونی از مردم و مسئولان شده است و تلاش‌های بسیاری برای آگاهی همگان و تشویق آن‌ها به کم کردن سهم خود در آلودگی هوا، به‌عمل می‌آید.



آلودگی‌های طبیعی

بسیاری از فرایندهای طبیعی هم‌چون فوران‌های آتشفشانی باعث وارد شدن مقادیر زیادی خاکستر و گازهای سمی به هواکره می‌شود، شکل ۳۳.



شکل ۳۳ فوران کوه سنت هِلنز در ۱۹۸۰ حداقل $1km^3$ خاکستر به بیرون پراکنده کرد.

طوفان‌های صحرایی، مقدار زیادی غبار در هواکره پراکنده می‌کنند و مرداب‌ها و باتلاق‌ها نیز گازهای زیان‌آوری در هوا پخش می‌کنند. اما، در بیش‌تر موارد، محیط زیست، خود این مواد را پیش از آن که غلظت آن‌ها به سطح خطرناکی برسد، رقیق می‌کند یا از جایی به جای دیگر انتقال می‌دهد.

انسان و آلودگی هوا

انسان‌ها همواره محیط زیست خود را تغییر داده‌اند. پیدایش ابزار و استفاده از آتش برای همیشه توازن میان ما و محیط زیست را برهم زد. آتشی که مردم در گذشته می‌افروختند هوا را پر از دود می‌کرد و رُفت و روب خانه‌هایشان غباری به مراتب بیش‌تر از طوفان‌های شن بر پا می‌نمود! در شهرهایشان دوده‌ی پدید آمده از اجاق آشپزخانه و بوی بد زباله‌ها هوا را پر کرده بود. با گسترش صنایع استفاده از زغال‌سنگ برای گرم کردن خانه‌ها و تولید برق در نیروگاه‌ها گسترش یافت و از این طریق افزون بر دوده و دود، گاز گوگرد دی‌اکسید نیز به اندازه‌ی زیادی به هوا راه یافت. امروزه هم هوا آلوده است، اما این آلودگی بسیار پیچیده‌تر از زمانی است که پدران ما نگران آن بوده‌اند.



برخی بر این باورند که

هنگامی که یک جامعه فعالیت‌های خود را تغییر می‌دهد، نوع و ماهیت مواد زایدی که به‌ویژه در هواکره رها می‌شود، تغییر می‌کند. جهان همواره در حال تغییر بوده است و تغییر پدیده‌ی تازه‌ای نیست. آن‌چه مهم است، سرعت تغییر است. سرعت تغییر در جهان امروز به اندازه‌ای رسیده است که محیط زیست ما نمی‌تواند آن را هضم و جذب کند.

این دیدگاه را در کلاس نقد کنید.

با آلاینده‌ها بیش‌تر آشنا شویم!

به‌طور کلی آلاینده‌های هوا را به دو دسته‌ی نوع اول و نوع دوم تقسیم می‌کنند. در جدول ۴ فهرستی از مهم‌ترین آلاینده‌های هوا و مقادیر آن‌ها در جهان ارایه شده است. آلاینده‌های معرفی‌شده در جدول ۴ همگی نوع اول هستند. در واقع آلاینده‌هایی که به همین شکل به هواکره وارد می‌شوند. اما، آلاینده‌های نوع دوم، آن دسته از آلاینده‌ها هستند که در هواکره بر اثر واکنش‌های شیمیایی میان آلاینده‌های نوع اول و اجزای طبیعی هواکره پدید می‌آیند.

جدول۴ نوع و میزان تولید جهانی برخی از آلاینده‌های هوا
(عددهای درون جدول بر حسب میلیون تُن در سال داده شده‌اند.)

آلاینده	منبع طبیعی	مقدار	منبع انسانی	مقدار
CO_2 (کربن دی‌اکسید)	آتش‌سوزی در جنگل‌ها، تنفس و فساد بافت‌های گیاهی و جانوری	۱۰۰۰۰۰۰	سوختن چوب و سوخت‌های فسیلی	۲۲۰۰۰
CO (کربن مونواکسید)	آتش‌سوزی در جنگل‌ها	۲۱۰۰	سوختن ناقص سوخت‌ها*	۷۰۰
SO_2 (گوگرد دی‌اکسید)	آتشفشان‌ها و فساد بافت‌های گیاهی و جانوری	۲۰	سوختن زغال سنگ و نفت، برشته کردن سنگ‌های معدنی گوگرددار	۲۱۲
CH_4 (متان)	فساد بافت‌های گیاهی و جانوری، موریانه‌ها	۱۰۵۰	نشت گازهای طبیعی	۱۶۰
NO_x (اکسیدهای نیتروژن)	صاعقه، اثر باکتری‌ها بر خاک	۱۸۰	سوختن در دمای بالا	۷۵
ذره‌های معلق	آتشفشان‌ها، گردبادها و موج‌های دریا(!)	—	صنایع، معادن، نیروگاه‌ها و کشتزارها	—

* با این نوع سوختن دربخش ۴ آشنا خواهید شد.

برای مثال، گوگرد دی‌اکسید (SO_2) ــ یک آلاینده ی نوع اول ــ در هوا با اکسیژن ــ یک جزء طبیعی هوا ــ واکنش می‌دهد و گاز گوگرد تری‌اکسید را به‌وجود می‌آورد. همیشه این دو آلاینده همراه با هم دیده می‌شوند. واکنش گوگرد تری‌اکسید با آب آن را به سولفوریک اسید تبدیل می‌کند. سولفوریک اسید که یک آلاینده‌ی نوع دوم است، یکی از عوامل مهم ایجاد باران اسیدی شناخته می‌شود. در ادامه، این موضوع را دقیق تر مورد بررسی قرار خواهیم داد.

اکسید نافلزهایی مانند کربن، گوگرد و نیتروژن در صورت حل شدن در آب اسید تولید می‌کنند. به این علت آن‌ها را اکسیدهای اسیدی می‌نامند.

برداشت شما چیست؟

با استفاده از جدول۴ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۱ـ برای همه‌ی آلاینده‌های هوا بجز یکی از آن‌ها، سهم منابع طبیعی بسیار بیش‌تر از منابع انسانی است.

آ) آیا این گفته به این معناست که می‌توان از سهم منابع انسانی چشم‌پوشی کرد؟ چرا؟



ب) برای کدام آلاینده‌ی هوا، سهم منابع انسانی بیش‌تر از سهم منابع طبیعی است؟

۲) به جدول ۱ مراجعه کنید و ببینید که کدام آلاینده‌ی معرفی‌شده در جدول ۴ ،به‌طور طبیعی با غلظت‌هایی در حدود ۰/۰۰۰۱٪ یافت می‌شوند؟

۳ـ در میان منابع انسانی کدام یک سهم بیش‌تری در تولید آلاینده‌های هوا دارد؟

۴ـ با این که حجم زیادی از آلاینده‌های هوا از منابع طبیعی به آن وارد می‌شود، چرا وارد شدن مقادیر اندکی از مواد ساختنی یا مصنوعی (موادی که در طبیعت یافت نمی‌شوند و شیمیدان‌ها، آن‌ها را در آزمایشگاه می‌سازند)، مانند ترکیب‌های کلروفلوئوروکربن در هواکره، مشکل‌آفرین است؟

اوزون مولکولی با دو چهره

می‌دانید که اوزونِ موجود در لایه‌ی استراتوسفر، سطح زمین را از تابش خطرناک فرابنفش در امان نگاه می‌دارد. اما، وجود اوزون در لایه‌ی تروپوسفر- بخشی از هوا کره که ما در آن تنفس می‌کنیم- بسیار زیان‌آور است. اوزون تروپوسفری آلاینده‌ای سمی و خطرناک به‌شمار می‌آید. پراکنده شدن مقادیر کمی اوزون در این لایه، باعث سوزش چشمان می‌شود. ولی مقادیر زیاد آن می‌تواند تورم ریوی، خون‌ریزی و حتی مرگ را در‌پی داشته باشد. افزون بر آثار زیان‌باری که اوزون بر سلامتی می‌گذارد، خسارت‌های اقتصادی بسیاری را نیز به‌وجود می‌آورد. سخت شدن و ترک برداشتن تایر خودروها و قطعات لاستیکی دیگر، هم‌چنین کاهش میزان فراورده‌های کشاورزی به‌ویژه گوجه‌فرنگی از دیگر ویژگی‌های بد اوزون موجود در تروپوسفر است.

دلیل افزایش دما در لایه‌ی استراتوسفر، جذب تابش پرانرژی فرابنفش به‌وسیله‌ی مولکول‌های اوزون و آزاد شدن دوباره‌ی انرژی به‌صورت تابش کم‌انرژی فروسرخ (انرژی گرمایی) است. البته میانگین این دما از $-46^{\circ}C$ بالاتر نمی‌رود! باتوجه به این نکته، آیا می‌توان اوزون را یک گاز گلخانه‌ای به حساب آورد؟

در برخی روزهای خشک و آفتابی که مقدار اکسیدهای نیتروژن (NO_x) خروجی از اگزوز خودروها زیاد است، هوای شهر به رنگ قهوه‌ای روشن دیده می‌شود. در این هنگام بر اثر تابش نور خورشید بر اکسیدهای نیتروژن نوعی آلودگی ایجاد می‌شود که **مه‌دود فوتوشیمیایی** گفته می‌شود. اوزون تروپوسفری بر اثر تابش پرتوهای خورشیدی بر مولکول‌های NO_2 به‌وجود می‌آید.

هر واکنشی که به کمک نور آغاز شود یک واکنش فوتوشیمیایی یا نور شیمیایی است.



$$NO_2 + \text{نور خورشید} \rightarrow NO + O$$



$$O + O_2 \rightarrow O_3$$

همان‌طوری که دیده می‌شود، در این فرایند مولکول‌های سودمند اکسیژن (O_2) به مولکول‌های زیان‌آور اوزون (O_3) تبدیل می‌شوند.

فکر کنید

اوزون تروپوسفری آلاینده‌ی نوع اول یا نوع دوم است؟ چرا؟

در پی آلاینده‌ها!

در یک فعالیت گروهی، فهرستی از نوع و منبع آلاینده‌های هوا در محل زندگی خود، تهیه کنید. هم‌چنین سهم خود و سهم هر یک از این منابع را در آلودگی هوا تخمین بزنید.

باران اسیدی

چون گازهای گوگرد دی‌اکسید ($SO_۲$) و اکسیدهای نیتروژن (NO_x) گازهایی سنگین‌تر از هوا هستند، می‌توانند در نزدیکی محلی که تولید می‌شوند به زمین فرونشینند و بر حیوانات و گیاهان مناطق مجاور لطمه‌های جدی وارد کنند. کارخانه‌های تولید کننده‌ی این گازها معمولاً دودکش‌های بلندی برای کشاندن این گازها به سمت بالا و هدایت آن‌ها به درون هواکره می‌سازند. متأسفانه این گازها در ارتفاعات، در قطره‌های آب موجود در هواکره حل می‌شوند و به‌صورت **باران اسیدی** به زمین باز می‌گردند. البته به‌علت حل شدن گاز کربن دی‌اکسید هوا در آب باران و تشکیل کربنیک اسید، آب باران تا حدودی اسیدی است ($pH \sim ۶$). حل شدن مقادیر اندکی از گازهای $SO_۲$ و NO_x در آب باران هم سودمند است و بخش مهمی از چرخه‌ی فرسایش و رسوب گذاری سنگ‌ها و دیگر مواد معدنی را تشکیل می‌دهد. اما، در سال‌های گذشته با گسترش روز افزون صنایع و وارد شدن میلیون‌ها تُن گازهای اسیدی به هواکره، مقدار نیتریک اسید و سولفوریک اسید در باران افزایش یافته است. افزایش بیش از اندازه‌ی این گازهای اسیدی که به‌طور عمده از اگزوز خودروها و دودکش نیروگاه‌ها به هوا کره وارد می‌شوند، سبب ایجاد باران‌هایی بسیار اسیدی شده است. این باران‌های اسیدی هم به ساختمان‌ها و هم به موجودات زنده آسیب می‌رسانند. برای مثال بسیاری از مجسمه‌های مرمری یا ساختمان‌هایی که نمای مرمری دارند، در اسید موجود در باران حل می‌شوند و به این ترتیب کم کم از بین می‌روند، شکل ۳۴.


(آ)


(ب)

شکل ۳۴ تأثیر باران‌های اسیدی بر مجسمه‌های ساخته شده از سنگ مرمر
آ) سال‌ها پیش ب) اکنون



باران‌های اسیدی هم‌چنین با اسیدی کردن آب رودخانه‌ها و دریاچه‌ها شرایط را برای زندگی آبزیان دشوار و گاهی مرگ‌آور کرده‌اند، شکل ۳۵. با بارش این باران‌ها روی خاک‌های حاصل‌خیز، مواد معدنی آن‌ها به‌ویژه یون‌های Ca^{2+} و Mg^{2+} در آب باران حل می‌شوند و به اعماق زمین می‌روند. به این ترتیب، امکان رشد گیاه در آن‌جا از میان می‌رود.



شکل۳۵ بیش‌تر دریاچه‌ها در منطقه‌ی اسکاندیناوی بر اثر ریزش باران‌های اسیدی به شدت اسیدی شده‌اند. آبِ اسیدی چنین دریاچه‌هایی را با پاشیدن گرد آهک خنثی می‌کنند تا pH آن برای زندگی آبزیان مناسب شود.

فکر کنید

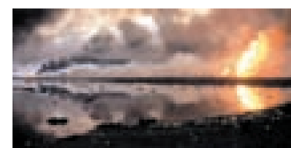
میزان تولید جهانی گاز SO_2 در دو دهه‌ی گذشته تغییرات چشم‌گیری داشته است. جدول ۵ تغییر میزان تولید این گاز در سه قاره‌ی جهان را نشان می‌دهد. به‌نظر شما، این داده‌ها چه هشدارهایی برای کشور ما دارد؟ در ضمن با توجه به مقدار پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۱۰ چه راه‌هایی برای کاهش میزان تولید این گاز پیشنهاد می‌کنید؟

جدول ۵ میزان تولید SO_2 در سه قاره‌ی جهان برحسب میلیون تُن

قاره / سال	۱۹۸۰	۱۹۹۰	۱۹۹۵	۲۰۰۰	۲۰۱۰
اروپا	۵۹	۴۹	۳۱	۲۶	۱۸
آمریکا	۲۴	۲۰	۱۶	۱۵	۱۴
آسیا	۱۵	۳۴	۴۰	۵۳	۷۹

بیش تر بدانید

مهم‌ترین پیامد زیست‌محیطی ناشی از جنگ خلیج‌فارس فاجعه‌ی آتش‌سوزی چاه‌های نفت کویت در ۲۲ فوریه ۱۹۹۱ بود. در این روز هواپیماهای عراقی ۹۰۰ حلقه چاه نفت کویت را بمباران کردند و به این ترتیب آتش‌سوزی مهیبی را در سطح منطقه به‌وجود آوردند. در این حادثه‌ی عظیم نفتی، حدود یک میلیارد بشکه نفت طعمه‌ی آتش شد و نزدیک به ۱۰ میلیون بشکه نفت از طریق پایانه‌ها و مخازن نفتی بندراحمدی به خلیج‌فارس راه یافت. در این رویداد بر اثر سوختن روزانه حدود ۵ میلیون بشکه نفت خام، حدود ۴۰۰۰ تُن



آتش‌سوزی در چاه‌های نفت کویت، زمستان ۱۹۹۱.

خاکستر، ۲۰۰۰ تُن نیتروژن دی‌اکسید، ۴۰۰۰۰ تُن گوگرد دی‌اکسید و هزارها تُن گازهای سمی دیگر، وارد محیط زیست شد. افزون بر این، تخمین زده می‌شود که در مجموع ۲۰۰ میلیون تُن گاز CO_2 در جریان این حادثه به هوا کره افزوده شده است.

کنترل آلودگی

راه‌های گوناگونی برای کنترل آلودگی هوا وجود دارد:

* یافتن و جایگزین کردن راه‌های تازه‌ای به‌جای سوزاندن برای تولید انرژی، مانند انرژی خورشیدی، هسته‌ای و...
* افزایش بازده تولید انرژی از طریق سوختن
* کاهش دادن یا حذف کردن برخی مواد موجود در سوخت‌ها که بر اثر سوختن، مواد آلاینده ایجاد می‌کنند، مانند گوگرد موجود در گازوییل.
* به دام انداختن آلاینده‌ها پس از سوختن و پیش از ورود آن‌ها به هوا.

همه ی راه‌های کنترل آلودگی هوا هزینه‌بر است، هنگامی که یکی از این راهبردها را برای کنترل هوا برمی‌گزینیم، باید به دو پرسش کلیدی پاسخ دهیم:

۱ـ هزینه‌ی کنترل آلودگی هوا چقدر خواهد بود؟

۲ـ کنترل آلودگی هوا چه مزایایی برای ما خواهد داشت؟

شما چه برنامه‌هایی دارید؟

اگر مسئولیت کنترل آلودگی هوای شهر یا روستایی را که در آن زندگی می‌کنید به گروه شما واگذار کنند، چه برنامه‌هایی را برای کاهش آلودگی هوا پیاده می‌کنید؟ گزارش این فعالیت را به‌صورت یک مقاله تهیه کرده، در کلاس ارایه دهید.

فکر کنید

فرض کنید که برای کنترل آلودگی هوا روش زیر پیشنهاد شده است:

«پاک کردن هوا کره پس از پراکنده شدن آلاینده‌ها در آن»

۱ـ آیا این کار عاقلانه و عملی است؟ پاسخ خود را شرح دهید.

۲ـ آیا بارور کردن ابرها برای تولید باران یا استفاده از ماسک برای پوشاندن دهان، راه‌های معقولی برای این کار هستند؟ توضیح دهید.

به کجا پناه می‌برید؟!

فرض کنید که به دلایلی ناگزیر شده‌اید که کره‌ی زمین را ترک کنید. باتوجه به اطلاعاتی

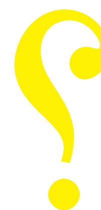


که در جدول زیر داده شده است:

آ) کدام سیاره‌ی منظومه خورشیدی را برای سکونت خود انتخاب می کنید؟

ب) به‌نظر شما برای این که این سیاره برای زندگی مناسب‌تر شود چه تغییراتی باید در آن به‌وجود بیاید؟

پ) شما چه تغییراتی را باید در زندگی خود بدهید تا در آن‌جا با آرامش زندگی کنید؟ نظرهای خود را یادداشت و برای گفت‌وگو در کلاس آماده کنید.









ویژگی‌ها / نام سیاره	بهرام (مریخ)	زمین	ناهید (زهره)
میانگین فاصله از خورشید ($\times 10^8$km)	۲٫۲۷۹	۱٫۴۹۶	۱٫۰۸۲
مدت زمانی که طول می کشد تا به دورخورشید بچرخد (سال)	۱٫۸۸	۱٫۰	۰٫۶۱۵
مدت زمانی که طول می کشد تا به دورخود بچرخد (ساعت)	۲۴٫۶۲	۲۳٫۹۳	۵۸۳۲
جرم ($\times 10^{26}$g) ۶٫۴۲	۵۹٫۸	۴۸٫۷	
چگالی میانگین (g/cm^3)	۳٫۹۴	۵٫۵۲	۵٫۲۵
گرانش نسبی سطح (زمین = ۱)	۰٫۳۸	۱	۰٫۸۸
فشار نسبی هوا (زمین = ۱)	۰٫۰۰۷	۱	۹
نسبت میانگین دمای روز به میانگین دمای شب در سطح منطقه‌ی استوای (K)	$\frac{۲۵۰}{۱۸۵}$	$\frac{۲۹۸}{۲۸۰}$	$\frac{۷۵۰}{۷۴۹}$
ترکیب شیمیایی هوا کره — اجزای فراوان (٪)	CO_2(۹۵), N_2(۲/۷), Ar(۱/۶)	N_2(۷۸), O_2(۲۱), Ar(۰/۹)	CO_2(۹۶), N_2(۳/۵)
ترکیب شیمیایی هوا کره — اجزای ناچیز (ppm)	O_2(۱۳۰۰), CO(۷۰۰), H_2O(۳۰۰), Ne(۲/۵)	CO_2(۳۳۰), He(۷۰), Ne(۱۸), H_2(۵), CH_4(۱/۵), Kr(۱/۱), O_3(۰/۴)	SO_2(۱۵۰), H_2O(۱۰۰), Ar(۷۰), CO(۴۰), Ne(۵)

بیش تر بخوانید



۱ــ *هوا (مجموعه‌ی علم و عمل)*، حسین دانشفر ، چاپ اول، ۱۳۷۶، انتشارات مدرسه.

۲ــ *هوا* ، فروزان صلواتیان ، چاپ سوم، ۱۳۷۷، انتشارات فاطمی.

۳ــ *اثرات گلخانه‌ای*، رضوان دزفولی، چاپ اول، ۱۳۷۸، نشر پیدایش.

٤ ــ *شکاف در لایه‌ی اوزون* ، رضوان دزفولی ، چاپ اول ، ۱۳۷۸، نشر پیدایش.

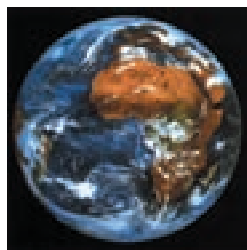
۵ ــ *شیمی هوا*، رقیه عابدی‌کرجیبان، زهرا ایمانی‌پور واصف، چاپ اول، ۱۳۸۱، انتشارات محراب قلم.

بخش ۳

مصرف دوباره تنها راه ادامه



این جنگل دوست داشتنی امّا فناپذیر، به همه‌ی ما تعلق دارد.



زمین مادر ماست.

در سال ۱۹۶۹ میلادی به سازمان ملل متحد پیشنهاد شد که به منظور ارج نهادن به منابع خدادادی موجود در کره ی زمین و تلاش برای حفاظت از محیط زیست روز ۲۰ یا ۲۱ مارس (نخستین روز فروردین) به عنوان روز جهانی کره‌ی زمین معرفی شود. این پیشنهاد پذیرفته شد و برای نخستین بار در سال ۱۹۷۰ این روز گرامی داشته شد. جمهوری اسلامی ایران که از سال ۱۹۸۰ مراسم روز کره‌ی زمین سازمان ملل را پذیرفته است، هر سال این روز را که هم‌زمان با نخستین روز نوروز است، جشن می‌گیرد. آیا می‌دانید که علت انتخاب این روز چیست؟

هزارها سال است که انسان از مواد طبیعیِ گوناگونی، مانند چوب، سنگ، برخی از فلزها، پوست جانوران، پشم و ابریشم، وسایل مورد نیاز زندگی خود را می‌سازد و به این منظور از جنگل‌ها، معادن، جانوران، گیاهان و دیگر منابع طبیعی و خدادادی موجود در کره‌ی زمین استفاده می‌کند. در همه‌ی این سال‌ها بخش اندکی از این منابع مورد استفاده‌ی انسان قرار گرفته است. اما در یک سده‌ی گذشته، با رشد چشم گیر جمعیت جهان و ارتقای سطح بهداشت همگانی از یک سو ،و با گسترش و پیشرفت شگرف دانش و فناوری از سوی دیگر، نوع و میزان نیاز انسان به مواد طبیعی تغییر کرده است. هم چنین میزان بهره‌برداری از منابع طبیعی نیز به بالاترین سطح خود رسیده است.

از جنبه‌های بسیاری کره‌ی زمین را می‌توان به یک کشتی فضایی تشبیه کرد و انسان‌ها را نیز مانند مسافرانی تصور نمود که تنها به اندازه‌ی طول عمر خویش، در این سفر فضایی



حضور خواهند داشت. آذوقه‌ای که در عرشه و انبارهای این کشتی فضایی اندوخته شده است، همه‌ی آن چیزی است که ما باید تا پایان این سفر روی آن حساب کنیم. آب شیرین، هوا، خاک حاصل‌خیز، گیاهان، جانوران و... .

این آذوقه‌ای که اکنون در اختیار ماست ره‌توشه‌ی آیندگان نیز هست. پس بر ماست تا با آگاهی از محدودیت‌های این منابع ارزشمند، شیوه‌های حفظ و نگاه‌داری آن‌ها را بشناسیم و با عمل به آن‌ها سفر آیندگان را به مخاطره نیندازیم.

منابع طبیعی و انواع آن

انسان برای ادامه زندگی خود در این کره‌ی خاکی ناگزیر به استفاده از منابعی است که طبیعت به رایگان در اختیار او گذاشته است. هوایی که تنفس می‌کنیم، چشم‌اندازهای زیبایی که می‌بینیم و از دیدن آن‌ها لذت می‌بریم، رودخانه‌ها، جنگل‌ها، کوه‌ها، حیات‌وحش، آب، خاک و نور خورشید همگی نمونه‌هایی از این منابع طبیعی و خدادادی هستند. برخی از این منابع می‌توانند به‌وسیله فرایندهای طبیعی تشکیل یا از نو تولید شوند. چنین منابعی که خود را به‌طور طبیعی ترمیم و تکمیل می‌کنند، منابع **تجدیدپذیر** نامیده می‌شوند.

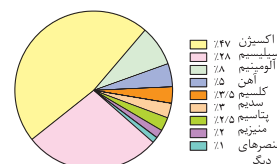
آب، هوا، خاک، گیاهان، جانوران و چشم‌اندازهای طبیعی از جمله منابع تجدیدپذیرند و اگر ما از این منابع عاقلانه و به‌درستی استفاده کنیم، طبیعت ما را در تأمین آن‌ها یاری می‌دهد. اما، منابع دیگری هم هستند که فرایندهای طبیعی جای خالی آن‌ها را پر نمی‌کند یا سرعت تشکیل و جایگزین شدن آن‌ها، چنان آهسته است که تأثیر چندانی بر مقدار این منابع ندارد. چنین منابعی را **تجدیدناپذیر** می‌گویند. بنابراین، هنگامی که یک منبع تجدیدناپذیر مصرف شود، از دست رفته به‌شمار می‌آید و باید در پی جایگزینی برای آن گشت یا بدون آن به زندگی ادامه داد.

برای مثال، مس و آلومینیم که فلزهای پرمصرفی هستند و از منابع تجدیدناپذیر استخراج می‌شوند، سرانجام روزی به پایان خواهند رسید. بنابراین، درباره‌ی این‌که منابع چرا، چگونه، و کجا مصرف شوند، باید تصمیمی عاقلانه گرفت.

منابع شیمیایی، نیازها و محدودیت‌ها

جوامع امروزی به شدت به منابع شیمیایی وابسته‌اند، به‌طوری که ادامه‌ی زندگی بدون آن‌ها ناممکن است. به پیرامون خود نگاه کنید تا این واقعیت انکارناپذیر را بهتر درک کنید. کافی است شام دیشب خود را درنظر بگیرید. شما احتمالاً در یک بشقاب ساخته شده از خاک چینی، غذا خورده‌اید. با یک لیوان یا استکان شیشه‌ای ساخته شده از ماسه، آب نوشیده‌اید. برای طعم دادن به غذای خود، نمک به‌دست آمده از زمین را روی آن پاشیده‌اید. میوه‌هایی را خورده‌اید که به کمک کودهای شیمیایی رشد یافته‌اند و کارد و چنگالی را استفاده کرده‌اید که از فولاد زنگ نزن ساخته شده‌اند. فولادی که پس از طی مراحل طولانی از سنگ معدن آهن ساخته می‌شود. همه‌ی این کارها در خانه‌ی شما روی داده است،

نوع و درصد جرمی عنصرهای اصلی سازنده‌ی پوسته زمین را در نمودار زیر می‌بینید. این عنصرها به شیوه‌های گوناگون با یک دیگر ترکیب می‌شوند و کانی‌ها، کانه‌ها و سنگ‌ها را به‌وجود می‌آورند. بیش‌تر سنگ‌های سازنده‌ی زمین را سیلیکات‌ها تشکیل می‌دهند.



سرپناهی که شن، ماسه، سنگ، آجر (خاک رس)، سیمان، آهن، آلومینیم، شیشه و آسفالت برای زندگی شما فراهم کرده‌اند. همه‌ی این مواد و وسایل از منابع شیمیایی موجود در سه لایه بیرونی کره‌ی زمین به‌دست می‌آیند. فهرستی از برخی منابع موجود در این لایه‌ها (هواکره، آب‌کره و سنگ‌کره) در جدول ۱ دیده می‌شود.

جدول ۱ منابع شیمیایی موجود در لایه های گوناگون کره‌ی زمین

لایه‌های زمین	میانگین ضخامت (km)	اجزای سازنده (به ترتیب کاهش فراوانی)
هواکره	۱۰۰	N_2 (۷۸٪)، O_2 (۲۱٪) و Ar (۰/۹٪)
		H_2O و CO_2 به مقادیر متغیر
آب کره	۵	آب (۷۵٪ از سطح زمین را می‌پوشاند.)
		NaCl (۳/۵٪) و مقادیر کم‌تری از Mg، Ca، S و...
		عنصرهای دیگر به‌صورت یون
سنگ کره	۴۰ کیلومتر نخست	سیلیکات‌ها (ترکیب‌های ساخته شده از اتم‌های Si و O و
		فلزهایی چون Al، Na، Fe، Ca، Mg، K و...)
		زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی
		کربنات‌ها
		اکسیدها
		سولفیدها
گوشته	۴۰ تا ۲۹۰۰ کیلومتری	سیلیکات Mg و Fe
هسته	از ۲۹۰۰ کیلومتری تا مرکز زمین	Fe و Ni

کانه، کانسنگ یا سنگ معدن، موادی هستند که به طور طبیعی یافت می‌شوند. کانه از کانی یا کانی‌هایی تشکیل شده است که استخراج مواد موجود در آن‌ها از نظر اقتصادی به صرفه باشد. کانه را معمولاً در مورد سنگ‌های معدنی فلزدار به کار می‌برند. کانی نیز به یک عنصر یا ترکیب شیمیایی می‌گویند که به طور طبیعی در ساختار کانه‌ها یافت می‌شود.

اورانیم فلزی سنگین است که ترکیب‌های آن هم در پوسته‌ی زمین و هم در دریا یافت می‌شود. مارتین کلاپیروث شیمی‌دان آلمانی در سال ۱۷۸۹ این فلز را در یک کانسنگ به‌نام پیچ‌بلاند کشف کرد. اورانیم در جاهای مختلف جهان و از جمله در کشور ما یافت می‌شود. از این فلز در نیروگاه‌های اتمی استفاده می‌شود.

مواد خام به موادی می‌گویند که به‌طور مستقیم، خیلی قابل استفاده نیستند. اما، می‌توان با اجرای فرایندهایی، آن‌ها را به مواد شیمیایی سودمندی تبدیل کرد.

هواکره، آب‌کره و بخش بیرونی سنگ‌کره منبع تمام موادی هستند که برای همه‌ی فعالیت‌های انسانی مورد نیاز است. از هواکره، گازهای نیتروژن، اکسیژن، آرگون و چند گاز دیگر را به‌کار می‌بریم. از آب‌کره، آب و چند ماده‌ی معدنی حل شده در آن را مورد بهره‌برداری قرار می‌دهیم. اما، برای نفت و کانه‌های فلزدار، به سنگ‌کره وابسته هستیم. اگر کره‌ی زمین را به اندازه‌ی یک سیب تصور کنیم، تمام منابع شیمیایی سنگ‌کره در لایه‌ی نازکی به ضخامت پوست سیب متمرکز است. از این لایه‌ی نازکِ خاک و سنگ به‌طور تقریب، تمام مواد خام مورد نیاز برای ساختن خانه، خودرو، لوازم خانگی، رایانه و بسیاری از وسایل ساخت دست بشر فراهم می‌شود.

نکته‌ی قابل توجه این است که بسیاری از منابع مهم به‌طور یک‌نواخت در سراسر جهان توزیع نشده‌اند و هیچ رابطه‌ای هم میان این منابع و وسعت یک سرزمین یا جمعیت آن وجود ندارد. برای مثال، کشور آفریقای جنوبی که تنها ۰/۸٪ از جمعیت جهان در آن زندگی می‌کنند و مساحت آن ۰/۸٪ از مساحت کره‌ی زمین است، ۶۸٪ از کروم، ۵۱٪ از طلا و ۳۴٪ از الماس موجود در جهان را در خود جای داده است.





برخی بر این باورند که

یک‌نواخت نبودن پراکندگی منابع معدنی در جهان، عامل پیدایش تجارت جهانی است.
این دیدگاه را در کلاس نقد کنید.

افزون بر پوسته‌ی زمین که بخش عمده‌ی منابع شیمیایی مورد نیاز انسان را تأمین می‌کند، آب اقیانوس‌ها نیز مقادیر قابل ملاحظه‌ای کانی‌های حل شده دارند. هم‌چنین، کلوخه‌های کف اقیانوس‌ها تا ۲۴ درصد منگنز (Mn)، ۱۴ درصد آهن (Fe) و مقادیری مس (Cu)، نیکل (Ni) و کبالت (Co) دربر دارند. با این همه، اگر اقیانوس‌ها هم به یک منبع جدید برای کانی‌ها تبدیل شوند، در این صورت ممکن است که زمان به پایان رسیدن برخی از منابع تجدیدناپذیر به تأخیر بیفتد، اما هیچ‌گاه نمی‌تواند از این امر حتمی جلوگیری کند.

گنج های استان شما!

در یک فعالیت گروهی، فهرستی از معادن موجود در استان محل زندگی خود را تهیه کنید. در گزارش این فعالیت، اطلاعاتی درباره‌ی نام و ویژگی‌های مواد معدنی تولیدی، روش استخراج و بهره‌برداری، میزان تولید و کاربرد آن‌ها را به کلاس ارایه دهید.



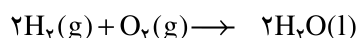
برخی بر این باورند که

بهره‌برداری از هر منبع طبیعی در صورتی اقتصادی است که کم‌ترین هزینه‌های محیط زیستی (آلودگی هوا، آلودگی آب، انقراض جانوران و از میان رفتن چشم‌اندازهای طبیعی و ...) را داشته باشد.
این دیدگاه را در کلاس نقد کنید.

در ادامه‌ی این بخش، با برخی راه‌های افزایش طول عمر منابع تجدیدناپذیر آشنا خواهیم شد. اما پیش از آن، با برخی مفاهیم لازم برای درک بهتر این راه‌ها آشنا می‌شویم.

پایستگی ماده، خوی طبیعت

می‌دانید که از واکنش گازهای هیدروژن و اکسیژن، آب به‌دست می‌آید. معادله‌ی این واکنش را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:



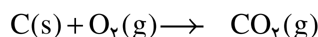
$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$$

این معادله‌ی شیمیایی موازنه شده، نشان می‌دهد که در یک واکنش شیمیایی تعداد

اتم‌ها تغییری نمی کند.در واقع، بر اساس **قانون پایستگی ماده**، اتم‌های موجود در کره‌ی زمین، بر اثر واکنش‌های شیمیایی از بین نمی‌روند، بلکه تنها از یک آرایش به آرایش دیگری در می آیند.یک معادله‌ی شیمیایی، بازآرایی اتم ها را در واکنش‌های شیمیایی نشان می‌دهد. همان‌گونه که در معادله ی بالا دیده می شود ، اتم های هیدروژن و اکسیژنِ اولیه، پس از واکنش، در ساختار تازه‌ای ظاهر شده اند.

معمولاً در یک معادله‌ی شیمیایی، حالت فیزیکی مواد مشخص می‌شود. به این منظور، حرف g را برای حالت گازی به کار می برند. g حرف نخست واژه‌ی gas به معنای گاز است. حالت‌های مایع و جامد نیز به ترتیب با حروف l و s نشان داده می‌شوند. l حرف اول liquid به معنای مایع و s حرف اول solid به معنای جامد است.

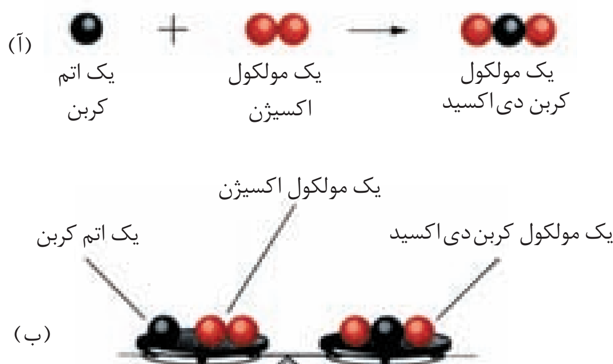
حال به واکنش زیر با دقت نگاه کنید.



$$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$$

اگر دو طرف یک واکنش شیمیایی را به مانند دو کفه‌ی یک ترازو درنظر بگیرید، در این صورت یک معادله‌ی موازنه شده نشان می دهد که مجموع جرم واکنش دهنده‌ها با مجموع جرم فراورده‌ها برابر است. این نکته، پیروی واکنش‌های شیمیایی از **قانون پایستگی جرم** را یادآور می شود. مطابق این قانون در یک واکنش شیمیایی جرم نه به‌وجود می‌آید و نه از بین می‌رود. برای اطمینان از این که یک واکنش شیمیایی از قانون پایستگی جرم پیروی می کند یا نه، همیشه تعداد اتم‌های موجود در پایان واکنش **باید** با تعداد آن‌ها در آغاز واکنش **برابر** باشد. به عبارت دیگر، واکنش یاد شده باید موازنه باشد، شکل ۱ .

یکی از ویژگی های ماده داشتن جرم است. بنابراین، پایستگی جرم از پایستگی ماده حکایت دارد.



شکل ۱ قانون پایستگی جرم. هنگامی که یک اتم کربن با یک مولکول اکسیژن واکنش می‌دهد و کربن دی‌اکسید تشکیل می‌شود: آ) اتم‌ها آرایش تازه‌ای پیدا می کنند (تولید نمی‌شوند یا از بین نمی‌روند). ب) با وجود این بازآرایی، جرم ثابت باقی می‌ماند.

بنابراین همواره در واکنش‌های شیمیایی:

تعداد اتم‌ها در فراورده‌ها = تعداد اتم‌ها در واکنش‌دهنده‌ها

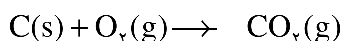
چون همه‌ی واکنش‌های شیمیایی از این قانون پیروی می کنند، بنابراین درک درست این قانون ما را در درک پدیده‌های طبیعی یاری می‌دهد.

جرم اتم‌ها؛ شمارش اتم‌ها با ترازو!

در بحث پیش، به معادله‌ی موازنه شده‌ای اشاره شد که واکنش کربن جامد با گاز



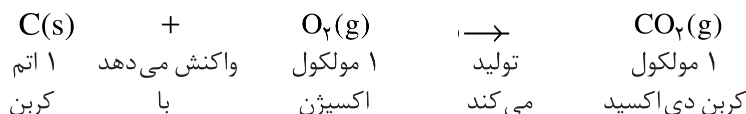
اکسیژن را نشان می‌داد و در آن گاز کربن دی‌اکسید تشکیل می‌شد.



$$C(s) + O_۲(g) \longrightarrow CO_۲(g)$$

اکنون فرض کنید یک تکه‌ی کوچک کربن را در اختیار دارید و می‌خواهید بدانید که برای تبدیل همه‌ی آن به کربن دی‌اکسید، چه تعداد مولکول اکسیژن مورد نیاز است.

معادله‌ی موازنه شده به ما می‌گوید که برای هر اتم کربن، یک مولکول اکسیژن لازم است.



$CO_۲(g)$	$\longrightarrow$	$O_۲(g)$	+	$C(s)$
۱ مولکول کربن دی‌اکسید	تولید می‌کند	۱ مولکول اکسیژن	واکنش می‌دهد با	۱ اتم کربن



آمِدِئو آووگادرو
(۱۸۵۶ـ۱۷۷۶)

برای تعیین تعداد مولکول‌های اکسیژن مورد نیاز، باید بدانیم که چند اتم کربن در آن تکه‌ی کوچک وجود دارد. اما، اتم‌ها آن‌چنان کوچکند که دیده نمی‌شوند. پس چگونه شمارش آن‌ها ممکن است؟

فکر کنید

فرض کنید یک کیسه‌ی پنجاه کیلوگرمی نخود در اختیار دارید و می‌خواهید به کمک یک ترازوی معمولی تعداد نخودهای موجود در این کیسه را حساب کنید. برای این مسأله چه راه‌حلی پیشنهاد می‌کنید؟ پاسخ خود را شرح دهید.

اتم‌ها نیز به همین روش قابل شمارشند. اما چون اتم‌ها بسیار کوچکند و جرم بسیار کمی هم دارند (یکاهای معمولی مانند گرم برای اندازه‌گیری جرم آن‌ها بسیار بزرگ است)، اندازه‌گیری جرم یکی از آن‌ها با ابزارهای معمولی، کاری غیرممکن است. به‌این علت، همواره به‌جای جرم یک اتم، جرم تعدادی از آن‌ها را درنظر می‌گیرند، به‌نحوی که امکان اندازه‌گیری جرم کل آن‌ها با ابزارهای معمولی ممکن باشد.

شیمیدان‌ها پس از آزمایش‌های بسیار پیشنهاد کردند که اگر $۶/۰۲۲ \times ۱۰^{۲۳}$ اتم کنار هم قرار گیرند، در این صورت، جرم کل آن‌ها به اندازه ای خواهد شد که بتوان مقدار آن را به آسانی با ترازوهای معمولی اندازه گرفت. آن‌ها این تعداد را یک **مول** نامیده‌اند. بعدها‌عدد $۶/۰۲۲ \times ۱۰^{۲۳}$ را به یاد دانشمند پرآوازه‌ی ایتالیایی آمِدِئو آووگادرو عدد **آووگادرو** نامیدند. امروزه عدد آووگادرو را تا ۸ رقم بعد از اعشار اندازه‌گیری کرده‌اند.

واحد مول برای ذره‌های دیگر هم به‌کار می‌رود. در واقع، یک مول از هر ذره (اتم، مولکول یا یون) به تعداد عدد آووگادرو از آن ذره است. تصور بزرگی عدد آووگادرو بسیار دشوار است. اما، برای پی بردن به بزرگی این عدد، کافی است که یک عدد ۶ بنویسید و پس



شکل ۲ اگر به تعداد عدد آووگادرو سکه‌ی ۵۰۰ ریالی را روی هم بچینید، ارتفاع سکه‌ها تا انتهای دیگر کهکشان راه شیری ادامه خواهد یافت!

از آن ۲۳ صفر قرار دهید. هم‌چنین اگر فرض کنید به تعداد عدد آووگادرو سکه‌های ۵۰۰ ریالی دارید و می‌خواهید آن‌ها را میان ۷۲ میلیون نفر از جمعیت ایران تقسیم کنید، در این صورت به هر نفر حدود ۴/۲ میلیون میلیون میلیون ریال خواهد رسید، شکل ۲.

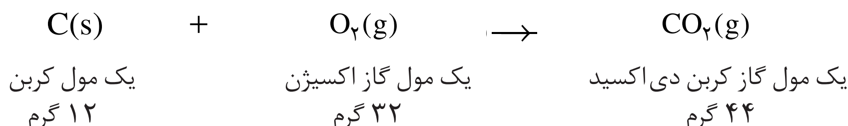
گرم بر مول را با نماد g/mol نشان می‌دهند.

چون شیمیدان‌ها ترجیح می‌دهند که برای مقاصد عملی ـ چه در آزمایشگاه و چه در کارخانه ـ با مقادیری از مواد کار کنند که به آسانی با ترازو قابل اندازه‌گیری باشند، بنابراین جرم این تعداد از ذره (اتم، مولکول یا یون) را مبنای کار خود قرار داده‌اند. آن‌ها، جرم یک مول یا $۶/۰۲۲\times ۱۰^{۲۳}$ اتم را **اتم گرم** می‌گویند و آن را برحسب گرم بیان می‌کنند. برای مثال، اتم گرم اکسیژن ۱۶ گرم و اتم گرم کربن ۱۲ گرم است. یعنی جرم یک مول از اتم‌های اکسیژن (O) که شامل $۶/۰۲۲\times ۱۰^{۲۳}$ اتم است، برابر ۱۶ گرم و به همین ترتیب جرم یک مول از اتم‌های کربن (C) برابر ۱۲ گرم است. بدیهی است، جرم یک مول از مولکول‌های یک ماده که **مولکول گرم** نامیده می‌شود به کمک اتم گرمِ اتم‌های سازنده‌ی آن، به آسانی قابل محاسبه است. برای مثال، مولکول گرم اکسیژن $(O_۲)$، $۲\times ۱۶ = ۳۲$ گرم و مولکول گرم کربن دی‌اکسید $(CO_۲)$، $۱۲ + (۲\times ۱۶) = ۴۴$ گرم است. شیمیدان‌ها معمولاً به‌جای اتم گرم و مولکول گرم **جرم مولی** را به کار می‌برند و آن را برحسب **گرم بر مول** بیان می‌کنند. برای مثال، جرم مولی اتم های اکسیژن و کربن به ترتیب ۱۶ و ۱۲ گرم بر مول است.



مقدار یک مول از چند ماده.

معادله‌ی موازنه شده‌ی زیر را در نظر بگیرید:



$$C(s) + O_۲(g) \longrightarrow CO_۲(g)$$

یک مول کربن ۱۲ گرم — یک مول گاز اکسیژن ۳۲ گرم — یک مول گاز کربن دی‌اکسید ۴۴ گرم

مجموع جرم‌ها:

جرم فراورده		جرم واکنش دهنده‌ها
۴۴ گرم	=	۴۴ گرم

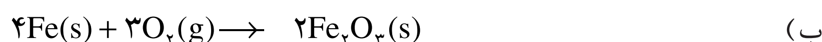
بنابراین، واکنش اکسایش کربن از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کند.

فکر کنید

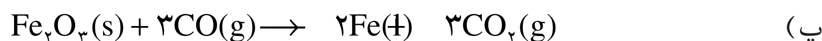
آیا واکنش‌های زیر از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند؟



آ) $۲H_۲(g) + O_۲(g) \longrightarrow ۲H_۲O(g)$



ب) $۴Fe(s) + ۳O_۲(g) \longrightarrow ۲Fe_۲O_۳(s)$



پ) $Fe_۲O_۳(s) + ۳CO(g) \longrightarrow ۲Fe(l) + ۳CO_۲(g)$



عنصرهای شیمیایی و جدول تناوبی

تاکنون، به اهمیت قانون پایستگی ماده در واکنش های شیمیایی پی بردید و بازآرایی اتم ها را به عنوان تنها راه رعایت این قانون درک کردید. اما، همان طوری که می دانید عنصرها ساده ترین مواد سازنده ی طبیعت هستند و تفاوت آن ها با یک دیگر به علت متفاوت بودن خواص اتم های سازنده ی آن هاست. بنابراین، شناختن ویژگی های اتم های سازنده ی هر عنصر گام بعدی برای درک بهتر و کامل تر فرایندهای طبیعی خواهد بود.

درحال حاضر، بیش از ۱۰۹ عنصر شیمیایی شناخته شده است، اما تنها حدود یک سوم آن ها در زندگی ما اهمیت دارند. شکل ۳ شماری از عنصرهای شناخته شده را به همراه نام، نماد شیمیایی و برخی ویژگی های آن ها نشان می دهد.

تغییرات خواص عنصرها گستره ی وسیعی را در بر می گیرد، جدول ۲، به طوری که ممکن است برخی عنصرها شباهت زیادی به هم داشته باشند، درحالی که عنصرهای دیگر، مانند ید (I_2) و طلا (Au) خواصی کاملاً متفاوت از خود نشان دهند.

به طور کلی، عنصرها را می توان براساس شباهت ها و تفاوت هایی که در خواص آن ها دیده می شود، به چند طریق دسته بندی کرد. دو دسته ی عمده **فلزها** و **نافلزها** هستند که در سال های گذشته با آن ها آشنا شده اید. خلاصه ای از برخی خواص آن ها را در جدول۳ مشاهده می کنید.

جدول۲ برخی خواص عنصرها

خاصیت		کم ترین		بیش ترین
چگالی (g/cm^3)				
فلزها	(Li)	۰/۵۳	(Os)	۲۲/۶
نافلزها	(H_2)	۰/۰۰۰۰۸	(I_2)	۴/۹۳
نقطه‌ی ذوب (°C)				
فلزها	(Hg)	-۳۸/۹	(W)	۳۴۱۰
نافلزها	(He)	-۲۷۰	(C)	۳۷۲۷
واکنش پذیری شیمیایی				
فلزها	(Au)	کم	(Cs)	زیاد
نافلزها	(He)	ندارد	(F_2)	زیاد

نماد شیمیایی ← H → نام عنصر: هیدروژن
عدد اتمی ← ۱

حالت فیزیکی در دمای اتاق

H	Br	Mg
گاز	**مایع**	**جامد**

H هیدروژن ۱																	He هلیم ۲
Li لیتیم ۳	Be بریلیم ۴											B بور ۵	C کربن ۶	N نیتروژن ۷	O اکسیژن ۸	F فلوئور ۹	Ne نئون ۱۰
Na سدیم ۱۱	Mg منیزیم ۱۲											Al آلومینیم ۱۳	Si سیلیسیم ۱۴	P فسفر ۱۵	S گوگرد ۱۶	Cl کلر ۱۷	Ar آرگون ۱۸
K پتاسیم ۱۹	Ca کلسیم ۲۰	Sc اسکاندیم ۲۱	Ti تیتانیم ۲۲	V وانادیم ۲۳	Cr کروم ۲۴	Mn منگنز ۲۵	Fe آهن ۲۶	Co کبالت ۲۷	Ni نیکل ۲۸	Cu مس ۲۹	Zn روی ۳۰	Ga گالیم ۳۱	Ge ژرمانیم ۳۲	As آرسنیک ۳۳	Se سلنیم ۳۴	Br برم ۳۵	Kr کریپتون ۳۶
Rb روبیدیم ۳۷	Sr استرانسیم ۳۸	Y ایتریم ۳۹	Zr زیرکونیم ۴۰	Nb نیوبیم ۴۱	Mo مولیبدن ۴۲	Tc تکنسیم ۴۳	Ru روتنیم ۴۴	Rh رودیم ۴۵	Pd پالادیم ۴۶	Ag نقره ۴۷	Cd کادمیم ۴۸	In ایندیم ۴۹	Sn قلع ۵۰	Sb آنتیموان ۵۱	Te تلوریم ۵۲	I ید ۵۳	Xe زنون ۵۴
Cs سزیم ۵۵	Ba باریم ۵۶	La لانتان ۵۷	Hf هافنیم ۷۲	Ta تانتال ۷۳	W تنگستن ۷۴	Re رنیم ۷۵	Os اوسمیم ۷۶	Ir ایریدیم ۷۷	Pt پلاتین ۷۸	Au طلا ۷۹	Hg جیوه ۸۰	Tl تالیم ۸۱	Pb سرب ۸۲	Bi بیسموت ۸۳	Po پلونیم ۸۴	At استاتین ۸۵	Rn رادون ۸۶
Fr فرانسیم ۸۷	Ra رادیم ۸۸	Ac اکتینیم ۸۹	Rf رادرفوردیم ۱۰۴	Db دابنیم ۱۰۵	Sg سیبورگیم ۱۰۶	Bh بوریم ۱۰۷	Hs هاسیم ۱۰۸	Mt مایتنریم ۱۰۹									

Ce سریم ۵۸	Pr پرازئودیمیم ۵۹	Nd نئودیمیم ۶۰	Pm پرومتیم ۶۱	Sm ساماریم ۶۲	Eu یوروپیم ۶۳	Gd گادولینیم ۶۴	Tb تربیم ۶۵	Dy دیسپروزیم ۶۶	Ho هولمیم ۶۷	Er اربیم ۶۸	Tm تولیم ۶۹	Yb ایتربیم ۷۰	Lu لوتسیم ۷۱
Th توریم ۹۰	Pa پروتکتینیم ۹۱	U اورانیم ۹۲	Np نپتونیم ۹۳	Pu پلوتونیم ۹۴	Am امرسیم ۹۵	Cm کوریم ۹۶	Bk برکلیم ۹۷	Cf کالیفرنیم ۹۸	Es انشتنیم ۹۹	Fm فرمیم ۱۰۰	Md مندلیفیم ۱۰۱	No نوبلیم ۱۰۲	Lr لارنسیم ۱۰۳

فلز — شبه فلز — نافلز

شکل ۳ جدول تناوبی عنصرها

جدول۳ مقایسه برخی خواص فلزها و نافلزها

فلزها
معمولاً نقطه‌ی ذوب و جوش بالایی دارند.
سطح براق و درخشانی دارند.
چکش‌خوارند و با خم کردن و کشیدن شکل می‌گیرند.
جریان برق و گرما را به خوبی از خود عبور می‌دهند.

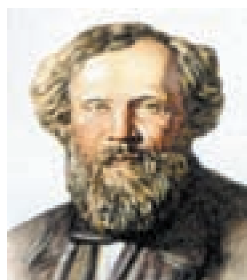
نافلزها
بیش‌تر آن‌ها نقطه ی ذوب و جوش پایینی دارند.
سطح کدر و گرفته‌ای دارند.
در حالت جامد شکننده‌اند.
عایق جریان برق و گرما هستند.

خواص شمار اندکی از عنصرها، مانند سیلیسیم (Si)، آرسنیک (As) و آنتیموان (Sb) چیزی بین خواص فلزها و نافلزها است. از این رو، نمی‌توان آن‌ها را به‌درستی در یکی از این دو دسته یاد شده قرار داد. به این علت، این عنصرها را در دسته‌ای جداگانه با نام **شبه فلز** قرار می‌دهند.

اگرچه ما، نگاه خود را از تمام عنصرهای شناخته شده به حدود ۹۱ عنصر شیمیایی محدود کرده‌ایم، با این همه، مقدار اطلاعات موجود درباره‌ی این عنصرها آن‌چنان گسترده است که بیان همه‌ی آن‌ها در یک جا یا درک همه‌ی آن‌ها توسط یک فرد غیرممکن است. اکنون، این پرسش پیش می‌آید که چگونه می‌توان از انبوه اطلاعات به‌دست‌آمده درباره‌ی این اجزای سازنده‌ی منابع شیمیایی موجود در جهان، استفاده کرد؟در این‌جا، باز هم طبیعت پاسخگوی ما است.

شیمیدان‌ها در طبیعت روابط قانون‌مندی را میان عنصرها یافته‌اند. آن‌ها به کمک این روابط توانسته‌اند خواص موادی را که تازه ساخته شده‌اند یا در ذهن قابل تصورند پیش‌گویی کنند. درواقع، این کشف امکان گسترش مواد جدید و سودمندِ فراوانی را ممکن ساخته است.

تا نیمه ی سده ی نوزدهم میلادی حدود ۶۰ عنصر شناخته شده بود. پنج نافلز شامل هیدروژن (H)، اکسیژن (O)، نیتروژن (N)، فلوئور (F) و کلر (Cl)که در دمای اتاق گازند. دو عنصر مایع شامل فلز جیوه (Hg) و نافلز برم (Br) و بقیه که عنصرهایی جامدند.



دیمیتری ایوانوویچ مندلیف
(۱۸۳۴-۱۹۰۷)

تعدادی از شیمیدان های آن زمان کوشیدند با طراحی یک سیستم طبقه‌بندی، عنصرهای با خواص مشابه را در یک جدول کنار یک دیگر قرار دهند. چنین ترتیبی **جدول تناوبی عنصرها** نامیده می‌شود، شکل۳ . مندلیف، شیمیدان روسی در سال ۱۸۶۹ ، جدول تناوبی خود را به چاپ رساند. هنوز هم، جدولی مانند جدول مندلیف مورد استفاده است.

هر ستون عمودی در این جدول شامل عنصرهایی است که خواص مشابهی دارند. آن‌ها را **گروه** یا **خانواده‌ی** عنصرها می‌نامند. برای مثال، خانواده‌ی لیتیم (Li) شامل شش عنصر است که در نخستین ستون سمت چپ جدول قرار دارند و **فلزهای قلیایی** نامیده می‌شوند. نام عنصرهای خانواده های دیگری که در جدول تناوبی وجود دارند، در شکل۳ آمده است.

شیوه‌ی چیدن عنصرها در جدول تناوبی، به گونه ای است که می توان برخی ویژگی‌های مهم یک عنصر را از روی خواص اصلی خانواده‌ای که در آن قرار دارد، پیش‌گویی کرد. مندلیف براساس جدول خود توانست خواص چند عنصر را که تا آن زمان شناخته نشده بودند، به‌درستی پیش‌گویی کند.

برای نمونه، پاره‌ای از خواص یک عنصر را می‌توان با میانگین گرفتن از خواص دو عنصر بالا و پایین آن عنصر، تخمین زد. این کاری بود که مندلیف در مورد پیش‌گویی خواص عنصرهای ناشناخته در زمان خود انجام داد. او از نتیجه‌گیری خود آن‌قدر اطمینان داشت که در جدول تنظیمی خود، محل عنصرهای ناشناخته را خالی گذاشت. چندی بعد این عنصرها کشف شدند و محل های خالی را پر کردند. شهرت مندلیف نیز بیش‌تر به‌خاطر پیش‌گویی‌های درست او بوده است.

به‌عنوان مثال، فرض کنید که کریپتون (Kr) یک عنصر ناشناخته است. با توجه به نقطه‌ی جوش آرگون (Ar، $-۱۸۶^{\circ}C$) و زنون (Xe، $-۱۱۲^{\circ}C$) نقطه‌ی جوش کریپتون را در همان شرایط، می توان تخمین زد.

از آن‌جا که در جدول تناوبی، در گروه گازهای نادر، کریپتون بین آرگون و زنون قرار دارد، میانگین نقطه‌ی جوش این دو عنصر برابر خواهد بود با:

$$\frac{(-۱۸۶^{\circ}C)+(-۱۱۲^{\circ}C)}{۲}=-۱۴۹^{\circ}C$$

این عدد با نقطه‌ی جوش کریپتون که $-۱۵۷^{\circ}C$ است، $۸^{\circ}C$ تفاوت دارد. این تفاوت برای یک پیش‌گویی، خطای ناچیزی به‌شمار می‌آید.

مثال زیر، نشان می‌دهد که چگونه می‌توانید فرمول ترکیب‌های شیمیایی را از روی روابط موجود در جدول تناوبی پیش‌گویی کنید.

کربن و اکسیژن با هم واکنش می‌دهند و کربن دی‌اکسید ($CO_۲$) تشکیل می‌شود.



برای ترکیبی از کربن و گوگرد چه فرمولی پیش‌گویی می‌کنید؟ همان‌طور که در ستون شانزدهم جدول تناوبی عنصرها (شکل۳) دیده می‌شود گوگرد (S) و اکسیژن (O) در یک خانواده قرار دارند پس انتظار می‌رود که خواص شیمیایی آن‌ها مشابه یک‌دیگر باشد و ترکیب‌هایی با فرمول شیمیایی یکسان تولید کنند. بنابراین، باید فرمول ترکیب کربن و گوگرد مانند کربن‌دی‌اکسید به‌صورت CS_2 (کربن دی‌سولفید) باشد. این پیش‌گویی نیز درست است.

شما هم پیش‌گویی کنید!

۱ـ ژرمانیم(Ge) در زمان مندلیف ناشناخته بود. با توجه به نقطه‌ی ذوب سیلیسیم (۱۴۱۰°C,Si) و قلع (۲۳۲°C,Sn) نقطه‌ی ذوب ژرمانیم را تخمین بزنید.

۲ـ آ) با توجه به نقطه‌ی ذوب پتاسیم (۶۳/۲°C,K) و نقطه‌ی ذوب سِزیم (۲۹°C ،Cs) نقطه‌ی ذوب روبیدیم (Rb) را تخمین بزنید. ب) انتظار دارید، نقطه‌ی ذوب سدیم (Na) از نقطه‌ی ذوب روبیدیم بیش‌تر یا کم‌تر باشد؟چرا؟

۳ـ فرمول‌های چند ترکیب شناخته شده چنین است:



CCl_4 ، Al_2O_3 ، CaO ، $MgCl_2$ ، NaI

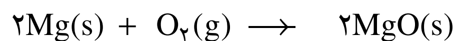
با کمک جدول تناوبی عنصرها، فرمول شیمیایی ترکیب‌های حاصل از عنصرهای زیر را پیش‌گویی کنید.

آ) C و F　　ب) Ca و Br　　پ) Al و S

ت) Ba و O　　ث) K و Cl

خواص عنصرها را چه عاملی تعیین می‌کند؟

هنگامی که یک تکه نوار منیزیم را در شعله‌ی چراغ گرم کنیم، به سرعت می‌سوزد و نور خیره‌کننده‌ای تولید می‌کند. از واکنش این فلز با اکسیژن، منیزیم اکسید به دست می‌آید.



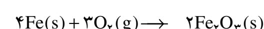
$$2Mg(s) + O_2(g) \longrightarrow 2MgO(s)$$

منیزیم　اکسیژن　منیزیم اکسید

می‌دانید که آهن نیز با اکسیژن ترکیب و به زنگ آهن تبدیل می‌شود. اما واکنش اکسایش آن بسیار کندتر از منیزیم است، شکل۴ . برعکس، طلا با اکسیژن ترکیب نمی‌شود از این رو آن را برای کارهای تزیینی به کار می‌برند، شکل ۵.



شکل۴ واکنش‌پذیری آهن موجب از بین رفتن بدنه‌ی این وانت شده است.



$$4Fe(s) + 3O_2(g) \longrightarrow 2Fe_2O_3(s)$$

با مشاهده‌ی سرعت واکنش برخی فلزها با اکسیژن می‌توان به واکنش‌پذیری نسبی آن‌ها پی برد. بنابراین، هر چه یک ماده سریع‌تر وارد یک واکنش شیمیایی معین شود، می‌گوییم، **واکنش پذیری شیمیایی** آن ماده بیش‌تر است.مثال‌های بالا نشان می‌دهند که در واکنش‌های اکسایش، منیزیم واکنش‌پذیرتر از آهن، و آهن واکنش‌پذیرتر از طلا است.



شکل۵ بارگاه ملکوتی حضرت امام رضا (ع). در معماری اسلامی گنبد و گل‌دسته‌ی شماری از اماکن مقدس را با ورقه‌های نازکی از طلا تزیین می کنند.

بیش تر بدانید

امروزه در ساختمان‌سازی، بیش‌ترِ در و پنجره‌ها را از فلز آلومینیم می سازند. زیرا، این فلز از آهن سبک‌تر است و وسایل ساخته شده از آن، عمر بیش تری دارند. مشاهده های بسیاری نشان داده است که آلومینیم واکنش پذیرتر از آهن است. اما با وجود این، چرا وسایل آلومینیمی بیش تر عمر می کنند؟ پاسخ این پرسش را باید در خواص فراورده‌ی اکسایش آن‌ها یافت.

بر اثر اکسایش آلومینیم در برابر هوا، یک لایه‌ی بسیار نازک آلومینیم اکسید (Al_2O_3) روی سطح آن تشکیل می‌شود و چون پوششی محافظ، از ادامه‌ی اکسایش آلومینیم جلوگیری می‌کند. اما، آهن چنین نیست. همان‌طوری که می‌دانید، آهن در حضور رطوبت هوا با اکسیژن ترکیب و به زنگ آهن تبدیل می‌شود. زنگ آهن به‌تدریج پوسته پوسته می‌شود و می‌ریزد و همواره سطح تازه‌ای از آهن در معرض رطوبت هوا قرار می‌گیرد. در این شرایط اکسایش هم‌چنان ادامه می‌یابد و کم‌کم از ضخامت فلز کاسته می‌شود. به این فرایند خوردگی می‌گویند. نظر به این‌که آهن در ساخت خودروها و پل‌ها، بدنه‌ی کشتی‌ها، لوله‌های حمل و نقل گاز و مواد نفتی به‌کار می‌رود، هر ساله باید برای جلوگیری از خوردگی آن‌ها بودجه‌ی قابل‌توجهی هزینه شود.

برای محافظت آهن از خوردگی راه‌های متعددی وجود دارد. می‌توان سطح فلز را با لایه‌ای از رنگ، چربی یا فلزهایی مانند روی، کروم یا قلع پوشاند. پوشش آهن با لعاب سرامیک که در وسایل خانگی مانند اجاق گاز، یخچال، وان حمام به‌کار می‌رود، شیوه‌ی دیگری برای محافظت آهن است. برخی از آلیاژهای آهن، مانند فولاد زنگ نزن (که آلیاژی از Fe، C، Cr و Ni است) نیز در برابر خوردگی، مقاوم‌اند.

اما، چه عاملی سبب می شود که واکنش‌پذیری فلزها متفاوت باشد یا به‌طور کلی خواص عنصرها از یک عنصر به عنصر دیگر تغییر کند؟ پیش از این، دیدیم که اتم‌های عنصرهای مختلف تعداد پروتون‌های متفاوتی دارند. درنتیجه، این اتم‌ها تعداد الکترون‌های متفاوتی نیز دارند. بسیاری از خواص عنصرها به تعداد الکترون‌ها در اتم‌های آن‌ها و چگونگی آرایش



این الکترون‌ها در اطراف هسته‌ی اتم بستگی دارد. در سال آینده مطالب بیش‌تری در این باره خواهید آموخت.

از سوی دیگر، خواص فیزیکی و شیمیایی انواع دیگری از مواد نیز به‌وسیله‌ی ذره‌های سازنده (اتم، مولکول یا یون) و نیروهای جاذبه‌ی بین آن‌ها، توضیح داده می‌شود. در بخش ۱، دیدیم که نقطه‌ی جوش زیاد و غیرعادی آب به علت نیروی جاذبه‌ی قوی بین مولکول‌های آن است. به این ترتیب، می‌توان گفت که درک خواص اتم‌ها، کلید پیش‌گویی ساختار و رابطه‌ی آن با رفتار مواد است. این اطلاعات اغلب همراه با کمی خلاقیت ذهنی به شیمیدان‌ها امکان می‌دهد که برای مواد کاربردهای جدیدی پیدا کنند و برای منظورهای خاص، ترکیب‌های شیمیایی تازه‌ای بسازند.

بهبود خواص مواد

انسان‌ها در طول تاریخ، نخست به‌طور اتفاقی و در دهه‌های اخیر با بهره‌گیری از روش‌های علمی توانسته‌اند، مواد گوناگونی را که برای زندگی مورد نیاز است، به‌طور گسترده بسازند. شیمیدان‌ها، آموخته‌اند که چگونه خواص یک ماده را با مخلوط کردن یا ترکیب کردن آن با مواد دیگر بهبود بخشند. گاهی، تنها یک تغییر مختصر در خواص ماده، مورد نظر است و گاهی هم ممکن است که شیمیدان‌ها مواد تازه‌ای بسازند که خواص آن‌ها به‌طور چشم‌گیری با مواد اولیه تفاوت داشته باشد.

برای مثال، مغز مداد به‌طور عمده گرافیت است. مغز مداد با درجات مختلف سختی وجود دارد. مداد سخت (نمره‌ی ۴) خطوط بسیار کم‌رنگ، ولی مداد نرم‌تر (برای مثال نمره‌ی ۱) خطوط پررنگی روی کاغذ ایجاد می‌کند. سختی مغز مداد با مقدار خاک رسی که با گرافیت مخلوط می‌کنند، قابل کنترل است. هرچه مقدار خاک رس بیش‌تر باشد، مداد سخت‌تر است. زیرا، در این صورت گرافیت کم‌تری روی کاغذ بر جای می‌ماند.

کربن در طبیعت به شکل‌های گوناگونی یافت می‌شود. گرافیت، الماس و دوده آلوتروپ یا دگرشکل‌های کربن هستند.

هم‌چنین، می‌توان خواص برخی پلاستیک‌ها را حتی بدون تغییری در ترکیب شیمیایی آن‌ها، مطابق سفارش مشتری تغییر داد. برای مثال، می‌توان پلی‌اتیلن را طوری ساخت که نسبتاً نرم و تاشو باشد و برای ساختن ظرف‌های فشردنی، همانند بطری‌های سس گوجه‌فرنگی به کار آید. همین پلی‌اتیلن می‌تواند، مانند شیشه سخت و شکننده باشد و برای تولید لوله‌های آب و بشکه‌های پلاستیکی استفاده شود.

پنی‌سیلین در طبیعت به‌وسیله‌ی یک کپک، شکل ۶، تولید می‌شود. مولکول پنی‌سیلین که یک پادزی یا آنتی‌بیوتیک است، توسط شیمیدان‌ها دستکاری و اصلاح شده است و از آن، خانواده‌ای از پنی‌سیلین‌ها با کیفیت بهتر و مؤثرتر، به‌وجود آمده است.

امروزه، چنین تغییراتی در سطح اتم‌ها و مولکول‌ها به علت گسترش همه جانبه‌ی دانش شیمی، امکان‌پذیر شده است. زیرا، براساس این دانش می‌دانیم که چگونه ساختار مولکولی مواد روی خواص و رفتار قابل مشاهده‌ی آن‌ها تأثیر می‌گذارد.



شکل ۶ کپک های پنی سیلین

بیش تر بدانید

امروزه از خانواده‌ای از مواد برای ساختن بدنه و بخش‌های دیگر خودروها استفاده می‌شود که نسبت به فلزها چگالی کم‌تری دارند. به این مواد **چندسازه** می‌گویند. یک چندسازه از دو یا چند ماده‌ی مختلف ساخته می‌شود. برای نمونه آن‌ها را می‌توان با خواباندن الیاف یا رشته‌های طبیعی یا ساختنی در یک بستر پلاستیکی ساخت. این رشته‌ها می‌تواند شیشه (پشم شیشه)، گرافیت یا یک پارچه‌ی نایلونی باشد. استحکامِ رشته‌ها با انعطاف‌پذیری پلاستیک ادغام می‌شود و ماده‌ای به وجود می آید که بسیار محکم است و چگالی کمی دارد. افزون بر این، چندسازه ها خوردگی پیدا نمی‌کنند و ارتعاش‌ها را جذب می‌کنند. برخی از چندسازه ها را حتی می‌توان از بطری‌های پلاستیکی نوشابه ساخت. همه‌ی این ویژگی‌ها، چندسازه ها را موادی ارزشمند و بی‌همتا ساخته است. استفاده از چندسازه ها به جای فلزها در ساختن بدنه‌ی خودروها مزایای بسیاری دارد.

چند سازه هم ارز پارسی واژه ی composite است.

پلاستیک ها موادی هستند که از مولکول های بزرگی تشکیل شده‌اند. به مولکول های غول آسای سازنده‌ی این مواد، بَسپار یا پلیمر می‌گویند.

خودرو سبک می‌شود و بنابراین، مصرف سوخت آن پایین می‌آید.

محکم‌تر می‌شود و مسافران از امنیت بیش‌تری برخوردار می‌شوند.

چون چندسازه ها ارتعاشات را جذب می‌کنند، در مقایسه با خودروهایی که شاسی آن‌ها از فلز ساخته شده است، کم صداتر و نرم‌تر رانده می‌شوند.

خودروهای ساخته شده از چندسازه ها زنگ نمی‌زنند و خوردگی پیدا نمی‌کنند.

امروزه بدنه‌ی بسیاری از خودروهای ورزشی را تقریباً به طور کامل از چندسازه ها می‌سازند. مدت‌هاست که خودروسازان در مدل‌های تازه‌ی خودروهای خود، بخش‌های فولادی و ساخته شده از فلز کروم را با چندسازه ها جایگزین کرده‌اند. خواص منحصر به فرد چندسازه ها سبب شده است که از آن‌ها در ساختن ماهواره‌ها، هواپیماهای نظامی و جاسوسی و هواپیماهای شخصی نیز استفاده شود. هم چنین برای ساختن آن دسته از وسایل ورزشی که گرفتن موجِ ضربه اهمیت زیادی دارد، چندسازه ها را به کار می برند. راکت تنیس و چوب‌های بیس‌بال از این نوعند.

از فایبرگلاس که نخستین چندسازه ی شناخته شده است، سال‌هاست که برای ساختن بدنه‌ی خودروها و قایق‌های تندرو، کلاه ایمنی موتورسواران، میز، صندلی و ... استفاده می‌شود.

پژوهشگران علم مواد با مطالعه‌ی تأثیر ساختار و خواص یک ماده‌ی خاص بر کاربردهای آن، پیوسته در پی یافتن کاربردهای تازه‌ای برای مواد گوناگون به ویژه چندسازه ها هستند.





بدنه‌ی این قایق از فایبرگلاس ساخته شده است.



راکت‌های تنیس را از چندسازه‌ها می‌سازند.



بدنه‌ی هواپیماهای جاسوسی را از چندسازه‌ها می‌سازند.
زیرا، چند سازه‌ها موج‌های فرستاده شده از رادار را جذب می‌کنند و
در آن دیده نمی‌شوند.

چگونه از منابع شیمیایی استفاده می کنیم؟

تا این جا، با منابع شیمیایی و اهمیت شناخت خواص مواد در به کارگیری آن ها آشنا شده اید. اما، اکنون این پرسش به ذهن می آید که با توجه به محدودیت موجود در میزان اندوخته ی این منابعِ ارزشمند و تجدید ناپذیر، امروزه چگونه باید از آن ها استفاده کنیم؟ اما پیش از این، باید بدانیم که در حال حاضر چگونه از مواد و وسایل ساخته شده از این منابع استفاده می کنیم.

زباله و زباله سازی

مواد مفید یا اشیایی که از منابع شیمیایی ساخته می شوند، سرانجام روزی به صورت زباله درمی آیند. برای مثال، ورقه ی آلومینیمی که برای بسته بندی مواد خوراکی به کار برده می شود، ظرف های پلاستیکی یک بار مصرف که برای صرف غذا یا ریختن چای و نوشابه مورد استفاده قرار می گیرند یا باقی مانده ی مواد غذایی، از جمله موادی هستند که به عنوان زباله دور ریخته می شوند. پاره ای از زباله ها نیز اشیا یا لوازمی، مانند ماشین لباس شویی، یخچال، خودرو و... هستند که عمر مفید آن ها به پایان رسیده و درنتیجه دور ریخته می شوند.

مقدار زباله‌ای که هر انسان در طول عمر خود تولید می‌کند، حدود ۶۰۰ برابر جرم او در سن بلوغ است.

هم چنین، بهره برداری از یک منبع، اغلب به تولید مواد تازه و ناخواسته ای می انجامد. برای مثال، با استخراج آهن از سنگ آهن ناخالصی های همراه آن پس از جداسازی به عنوان

زباله دور ریخته می‌شوند. درواقع، همه‌ی این کارها مقدار زیادی زباله‌ی شهری و صنعتی به‌وجود می‌آورند، شکل ۷.



شکل۷ جمع‌آوری زباله‌های شهری به روش سنتی

چه‌قدر زباله می سازید؟!

یک روز از صبح تا شب لحظه به لحظه نوع و مقدار تقریبی زباله‌های جامد تولیدی خود را یادداشت کنید. در پایان روز جرم کل زباله‌های تولید شده‌ی خود را تخمین بزنید و نتیجه را طی گزارشی به کلاس ارایه کنید.

حال، باید ببینیم که با زباله‌های شهری و صنعتی چه می‌کنند؟

- زباله‌های شهری را پس از جمع‌آوری، به محل‌هایی دور از مناطق مسکونی منتقل و سپس به طور بهداشتی در زیر خاک مدفون می‌کنند، شکل ۸.







شکل۸ پس از جمع‌آوری زباله از سطح شهر، آن‌ها را برای دفن به بیرون از شهر می‌برند.

در شهر تهران سالانه ۲ میلیون تُن زباله تولید می‌شود.



- فاضلاب شهری و صنعتی را پیش از رها کردن در طبیعت، تصفیه می کنند تا از ورود مواد زیان‌آور و خطرناک به محیط زیست جلوگیری شود.
- زباله های جامدِ قابل سوختن را در دستگاه های زباله سوز می سوزانند و فراورده های سوختن را در فضا رها می کنند.
- زباله هایی، مانند کاغذ، شیشه، پلاستیک و آلومینیم را بازگردانی می کنند.
- زباله هایی، مانند مواد شیمیایی سمی و مواد پرتوزا (پسماند کوره های اتمی) را که برای محیط زیست زیان‌آورند و هنوز فناوری لازم برای از بین بردن آن‌ها وجود ندارد، انبار می کنند.

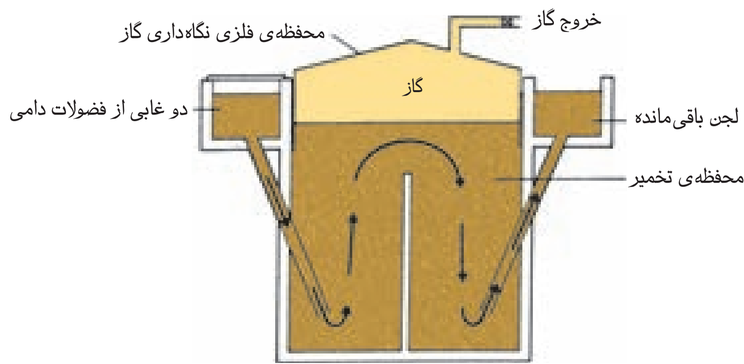
زباله های شهری و راه های دفع آن ها

شهرداری‌ها، در بیش‌تر شهرهای بزرگ با مشکل جمع‌آوری زباله و انباشتن آن در مناطق دوردست، روبه‌رو هستند. با افزایش جمعیت شهرها، هزینه‌ی انجام این قبیل خدمات شهری روز به روز زیادتر می‌شود. در هر حال، باید توجه داشت که بخش عمده‌ای از زباله‌های شهری مانند پسماند مواد غذایی و کاغذ، **زیستْ‌تخریب‌پذیر**ند. به این معنی که این مواد پس از مدفون شدن در خاک، در غیاب هوا، به‌وسیله‌ی موجودات ذره‌بینی به مواد ساده‌تری تجزیه می‌شوند. از تجزیه‌ی مواد زیست تخریب‌پذیر به‌وسیله‌ی موجودات ذره‌بینی، **زیستْ‌گاز** (بیوگاز) تولید می‌شود. زیست گاز به‌طور عمده متان و کربن دی‌اکسید است، اما مقادیر ناچیزی ترکیب‌های بد بوی گوگرددار نیز دارد. از سوزاندن زیست گاز می‌توان برای تولید انرژی و نیروی برق استفاده کرد. در زباله‌دان‌های روباز، زیست‌گاز در فضا رها می‌شود. شاید به هنگام عبور از کنار چنین جاهایی بوی نامطبوع و بخارهای سمی زیست‌گاز را استشمام کرده باشید.

می دانید که متان هم، مانند کربن دی اکسید، یک گاز گلخانه‌ای است، با این تفاوت که اثر آن حدود ۲۵ برابرِ اثر کربن دی‌اکسید است. از این‌رو، بهتر است به‌جای متان موجود در زیست‌گاز، فراورده‌ی سوختن آن، یعنی کربن دی‌اکسید وارد هواکره شود.

بیش تر بدانید

تولید زیست گاز در مناطق دورافتاده‌ی روستایی، به‌ویژه در کشورهای جهان سوم، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. میلیون‌ها خانواده‌ی روستایی در هندوچین، یک واحد کوچک تولید زیست‌گاز در مجاورت خانه‌ی خود دارند. در این واحد کوچک از تخمیر فضولات دامی در محفظه‌ای سربسته و دور از هوا زیست گاز تولید می‌شود. با سوزاندن این گاز انرژی لازم برای روشنایی، گرمایش و پخت و پز در دسترس این خانواده‌ها قرار می‌گیرد. تفاله‌های باقی‌مانده نیز دارای مواد پروتیینی هستند و می‌توان از آن‌ها به عنوان کود استفاده کرد. این در حالی است که، انرژی حاصل از سوختن تمیز زیست گاز بسیار بیش از انرژی حاصل از سوختن کثیف (پر دود و پر بو) فضولات دامی است.



یک دستگاه تولید کننده‌ی زیست‌گاز

افزون بر تولید زیست گاز که یکی از روش های سودمندِ استفاده از انرژی ذخیره شده در زباله های شهری است، سوزاندن زباله در دستگاه زباله‌سوز و استفاده از انرژی تولید شده، به‌صورت گرما و سپس تبدیل آن به برق، شیوه ی دیگر استفاده از زباله های شهری است.دراین روش، خاکستر باقی‌مانده در دستگاه زباله‌سوز در مقایسه با حجم اولیه‌ی زباله، فضای کم‌تری اشغال می کند، بنابراین دفن آن آسان‌تر، کم‌خطر‌تر و کم هزینه‌تر است. در حال حاضر، از این روش به‌طور گسترده استفاده نمی‌شود. زیرا، دستگاه زباله‌سوز گران است و وارد شدن گازهای آلاینده‌ی حاصل از سوختن زباله ها، به‌محیط‌زیست آسیب می رساند.

چگونه می‌توان عمر منابع تجدیدناپذیر را طولانی کرد؟

با نگاهی به نوع و درصد اجزای سازنده ی زباله های شهری، در می یابیم که روزانه مقدار بسیار زیادی از مواد به دست آمده از منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر را به آسانی دور می ریزیم .صرف نظر از هزینه ای که برای دفع این زباله ها می کنیم، مواد با ارزشی را از دست می دهیم که برای تولید بسیاری از آن ها مقادیر هنگفتی انرژی مصرف شده است.حال، برای جلوگیری از این خسارت ها چه باید کرد؟ چگونه می توان ، دستِ کم بخش اندکی از این خسارت ها را جبران کرد؟

چگونه می‌توانیم؟!

با توجه به این که طبیعت به طور خودکار از اتم‌های سازنده ی ماده حفاظت می کند و تعهدی به حراست از مولکول ها ندارد، پس چگونه باید از منابع شیمیایی نگاه داری کنیم؟ به‌عبارت دیگر ما چگونه می توانیم سرعت مصرف آن‌ها را کاهش دهیم؟

ما می‌توانیم با عمل به چهار اصل زیر از منابع شیمیایی خود محافظت کنیم:

۱ـ **بازنگری کردن** (اصلاح پیوسته‌ی عادت های فردی و اجتماعی در استفاده از مواد یا وسایل)



۲ـ **کاهش دادن** (کم کردن میزان مصرف و جلوگیری از ایجاد زباله)

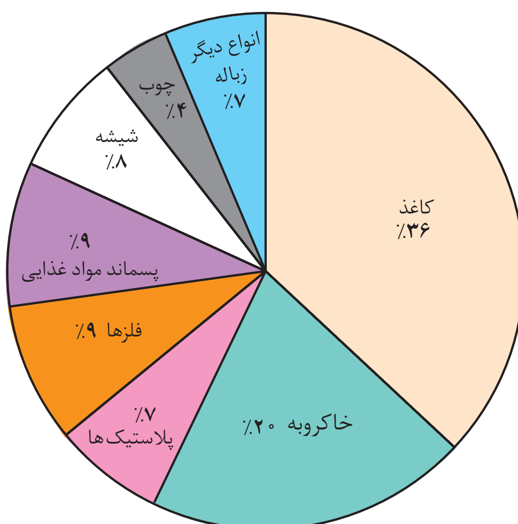
۳ـ **باز به کاربردن** (استفاده‌ی دوباره یا چند باره از مواد یا وسایل)

۴ـ **بازگرداندن** (جمع‌آوری و نگاه‌داری مواد یا وسایل برای باز فراوری آن‌ها)

در یک فعالیت گروهی، راه‌های عمل به این اصول را در زندگی، بیابید. گزارش خود را در قالب یک روزنامه‌ی دیواری تهیه و در کلاس ارایه کنید.

زباله های جامد

عمده‌ی زباله های جامد را در یک کشور پیشرفته‌ی صنعتی کاغذ و مقوا (۳۶٪ جرمی) تشکیل می‌دهد، شکل۹. درصد مواد پلاستیکی، شیشه، فلزها از جمله آلومینیم و پسماند مواد غذایی هر یک در حدود یک چهارم مقدار کاغذ و مقواست (هر یک ۷ تا ۹ درصد جرمی). این در حالی است که در شهر تهران پسماند مواد غذایی کمی بیش از ۷۰٪ و کاغذ و مقوا در حدود ۹٪ گزارش شده است.



شکل ۹ درصد اجزای سازنده زباله‌ی جامد در یک کشور پیشرفته

فکر کنید

این تفاوت چشم گیر در میزان برخی زباله‌های جامد موجود در شهر تهران و شهرهای بزرگ کشورهای پیشرفته را چگونه توجیه می‌کنید؟



برخی بر این باورند که

میزان زباله‌های جامد تولیدی یک کشور به طور عمده نتیجه‌ی تحولِ صنعت بسته‌بندی در آن کشور است.

این دیدگاه را در کلاس نقد کنید.

به هر حال در زباله‌های جامد:

- کاغذ و مقوا یک منبع تجدیدپذیر و زیست تخریب‌پذیر هستند.
- مواد پلاستیکی که از نفت به‌دست می‌آیند، تجدیدناپذیرند و زیست تخریب شدن آن‌ها بسیار آهسته است.
- شیشه و آلومینیم از منابع تجدیدناپذیرند.

از این مجموعه، کاغذ و مقوا، مواد پلاستیکی، شیشه و آلومینیم قابل بازگردانی‌اند. برای مثال، از بطری‌های شیشه‌ای قدیمی یا شکسته، بطری‌های جدید یا از قوطی‌های آلومینیمی، قوطی‌های تازه می‌سازیم. امروزه در کشورهای پیشرفته این اقلام را بازگردانی می‌کنند، زیرا:

- خواص آن‌ها برای بازگردانی مناسب است.
- فناوری لازم برای بازگردانی آن‌ها در اختیار است.
- بازگردانی آن‌ها از نظر اقتصادی به‌صرفه است.
- از راه بازگردانی این مواد، طول عمر منابع اولیه‌ی آن‌ها افزایش می‌یابد.



نشانه‌ی بازگردانی

وجود این علامت روی هر کالا نشان می‌دهد که کالای یادشده دور انداختنی نیست و می‌توان آن را از طریق بازگردانی به چرخه‌ی مصرف بازگرداند.

امروزه برای کاهش هزینه‌ی بازگردانی این اقلام، در کشور ما و بسیاری از کشورهای دیگر، از خانواده‌ها خواسته می‌شود که به هنگام دور ریختن زباله‌های خود، کاغذ و مقوا، شیشه، مواد پلاستیکی و قوطی‌های فلزی موجود در آن را به طورجداگانه در ظرف‌های ویژه‌ای بریزند که به این منظور در سطح شهر نصب شده‌اند، شکل ۱۰. به این ترتیب، جداسازی زباله‌ها هزینه‌ای در بر نخواهد داشت و بازگردانی مواد موجود در آن‌ها آسان‌تر و به صرفه‌تر خواهد بود.



شکل ۱۰ ظرف‌های ویژه‌ای که برای کمک به جداسازی زباله، در سطح شماری از شهرهای کشور نصب شده‌اند.



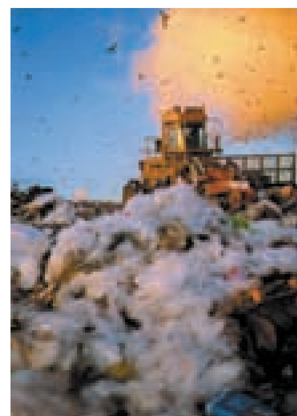
فکر کنید

۱ـ یک مداد از چه موادی ساخته شده است و سرانجام، چه بخش هایی از آن به صورت زباله دور ریخته می شود؟ آیا در زباله ی مداد، موادی وجود دارد که بتوان از آن ها دوباره استفاده کرد؟ توضیح دهید.

۲ـ به زباله **طلای کثیف** می گویند؟ چرا؟

زباله های پلاستیکی

پلاستیک ها موادی هستند که از فراورده های نفتی ساخته می شوند. در بخش ۴ با این مواد بیش تر آشنا خواهید شد. این مواد، از اواخر سده ی بیستم اهمیت و رشد روزافزونی پیدا کردند. اگر چه پلاستیک ها، تنها حدود ۷ درصد از جرم زباله های جامد را تشکیل می دهند، با این حال از نظر حجمی حدود ۳۰ درصد از حجم زباله های جامد را به خود اختصاص می دهند. از این رو، حجم اشغال شده به وسیله ی مواد پلاستیکی دور ریخته شده در مقایسه با حجم دیگر مواد موجود در زباله های جامد بیش تر است ، شکل ۱۱ .



شکل ۱۱ انبوهی از زباله های پلاستیکی که روزانه دور ریخته می شوند.

افزون بر این، مقادیر قابل ملاحظه ای از زباله های پلاستیکی به پارک ها، سواحل دریا و رودخانه ها راه پیدا می کنند. در دریاها، زباله های پلاستیکی در سطح آب شناور می مانند و جانوران دریایی ممکن است آن ها را به جای غذا اشتباه بگیرند، شکل ۱۲. مهم تر این که بیش تر این مواد زیست تخریب پذیر نیستند یا تخریب آن ها بسیار آهسته است و امکان دارد تا چند سده نیز طول بکشد. هم چنین، سوزاندن این مواد در دستگاه های زباله سوز با ایجاد بخارهای سمی همراه است.

۲۴۰ سال طول می کشد تا یک کیسه ی پلاستیکی نازک، در طبیعت تجزیه شود.



شکل ۱۲ ریختن زباله به دریا زندگی آبزیان را به مخاطره می اندازد.

بازگردانی پلاستیک‌ها

بازگردانی زباله‌های پلاستیکی از نظر حفظ محیط زیست اهمیت بسیار زیادی دارد. در ضمن، با توجه به این که بیش‌تر این مواد ساختنی هستند و از نفت خام که یک منبع تجدیدناپذیر است، تهیه می‌شوند، بازگردانی آن‌ها به افزایش طول عمر ذخایر نفتی کمک می‌کند. روش‌های گوناگونی برای بازگردانی زباله‌های پلاستیکی به کار می‌رود. در یکی از این روش‌ها، کیسه‌های پلاستیکی از جنس‌های مختلف را به طور مکانیکی رشته‌رشته می‌کنند و پس از شستن و خشک کردن، ماده‌ی پلاستیکی را با مواد ویژه‌ای مخلوط و از آن برای تهیه‌ی ورقه‌های پلاستیکی استفاده می‌کنند. این ورقه‌های پلاستیکی در صنعت ساختمان‌سازی و در بسته بندی‌های صنعتی به کار می‌روند. بطری‌های پلاستیکی نوشابه را نیز پس از رشته‌رشته کردن می‌شویند تا چسب، کاغذ و مواد اضافی دیگر جدا شود. سپس، آن را خشک می‌کنند و با قیمت کم‌تری به تولید کنندگان ظرف‌های پلاستیکی می‌فروشند.

در مواردی که ماده‌ی پلاستیکی تنها از یک نوع ماده تشکیل شده است، از طریق بازگردانی، همان نوع پلاستیک را از نو تولید می‌کنند. اما به دلایل بهداشتی، استفاده از این گونه پلاستیک‌های بازگردانی شده، برای تهیه‌ی ظرف‌های ویژه‌ی مواد غذایی و بطری نوشابه در برخی از کشورها ممنوع است. در مواردی که زباله‌های پلاستیکی از چند نوع ماده‌ی پلاستیکی تشکیل شده باشد، پس از رشته‌رشته کردن،از آن ها برای ساخت نیمکت پارک‌ها، میز و صندلی، گلدان، لوله، سطل و برآمدگی یا سرعت گیرخیابان ها استفاده می‌شود.

بیش تر بدانید

کارخانه‌های پلاستیک‌سازی در سراسر جهان به‌منظور افزایش کیفیت فراورده‌های حاصل از بازگردانی پلاستیک‌های پرمصرف، کدهای ویژه‌ای را برای هر یک از آن‌ها معین کرده‌اند. این کد را درون یک مثلث می‌نویسند و در زیر یا کنار وسایل پلاستیکی تولیدی خود حک می‌کنند. این کدها را در جدول زیر می‌بینید.

کد	1 PETE یا PET	2 HDPE	3 V یا PVC	4 LDPE	5 PP	6 PS
نوع ماده‌ی پلاستیکی	پلی اتیلن ترفتالات	پلی اتیلن سنگین	پی وی سی	پلی اتیلن سبک	پلی پروپیلن	پلی استیرن
کاربردها	بطری‌های نوشابه، نوارهای صوتی و تصویری	گالون‌های حمل آب و بنزین	بطری شامپو و شیلنگ آب	کیسه‌های لاستیکی و اسباب بازی	فرش و موکت	ظرف های یک‌بار مصرف

تفکیک زباله‌های پلاستیکی به کمک این کدها بسیار آسان‌تر است وسبب می‌شود که تنها یک نوع ماده‌ی پلاستیکی بازگردانی شود. در این صورت است که محصول بازگردانی، از کیفیت بالایی برخوردار خواهد بود.

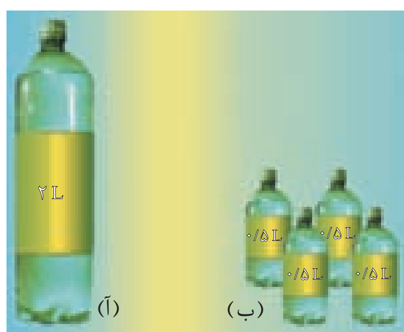




چند بطری پلاستیکی با کد ویژه‌ی بازگردانی

فکر کنید

۱ـ به هنگام خریدن نوشابه برای خانواده‌ی خود کدام را انتخاب می کنید؟ آ) یا ب)، چرا؟



۲ـ اگر پلاستیک ها را به روش های زیر از بین ببریم، چه مشکلاتی ایجاد خواهد شد:

آ) سوزاندن ب) دفن کردن در زیر خاک

فکر می کنید کدام یک از این دو روش، آسیب کم‌تری به محیط زیست می رساند؟ پاسخ خود را شرح دهید.

۳ـ یک کارخانه‌ی سازنده بطری های پلاستیکی جرم یک بطری ۲ لیتری نوشابه را از ۶۸ گرم به ۵۱ گرم کاهش داده است. به نظر شما، این کار چه مزایایی برای کارخانه‌های نوشابه‌سازی، مشتری های آن ها و سرانجام منابع شیمیایی و محیط زیست دارد؟

کاغذ و مقوا

کاغذ و مقوایی که برای بسته بندی و چاپ کتاب، مجله یا روزنامه به کار می رود، سرانجام به صورت زباله دور ریخته می‌شود. میزان مصرف کاغذ و مقوا را اغلب به عنوان نشانه‌ای از پیشرفت اجتماعی یک کشور تلقی می کنند. مصرف کاغذ و مقوا در برخی از کشورها در جدول ۴ آمده است.

جدول۴ مصرف سرانه‌ی کاغذ و مقوا در برخی از کشورهای جهان در سال ۱۳۷۲

کشور	مصرف کاغذ و مقوا (سال / کیلوگرم)
سنگاپور	۲۱۷
تایوان	۱۸۹
فرانسه	۱۵۸
انگلستان	۱۱۶
قبرس	۹۳
ترکیه	۲۰/۷
ایران	۱۲/۶

اگر به جای استفاده از چوب درختان برای تولید کاغذ از کاغذهای باطله استفاده شود، ۹۰ درصد در مصرف آب و ۵۰ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌شود. هم‌چنین ۷۵ درصد از آلودگی هوا، جلوگیری به عمل می‌آید.

نخستین کارخانه‌ی بازگردانی کاغذ در ایران، در سال ۱۳۱۳ در کرج تأسیس شده است.

بازگردانی کاغذ

گرچه کاغذ از چوب که یک منبع تجدیدپذیر است، ساخته می‌شود. اما، ۲۵ سال طول می کشد تا یک نهال رشد کند و به درخت بزرگی تبدیل شود که از نظر اقتصادی برای تهیه‌ی کاغذ به صرفه باشد. تازه، برای تولید یک تُن کاغذ، دست کم حدود ۱۷ درخت تنومند لازم است. ساختن کاغذ از درخت، به انرژی زیادی نیاز دارد ولی برای بازگردانی آن نصف این انرژی نیز کافی است. بنابراین، به‌صرفه است که زباله‌ی کاغذی و مقوایی را بازگردانی کنیم. در هر حال، در کشورهای پیشرفته نیز تنها حدود ۲۰درصد از کاغذهای باطله بازگردانی می‌شوند. در فرایند بازگردانی، کاغذهای باطله را در آب گرم به‌صورت خمیر درمی‌آورند و پس از سفید کردنِ خمیر کاغذ، از آن برای تهیه‌ی کاغذ استفاده می‌شود.

فکر کنید

چگونه یک مغازه‌دار، برای مثال، یک ساندویچ فروش، می‌تواند به فرایند بازگردانی کمک کند؟

برخی بر این باورند که



بازگردانی مزایای زیر را دارد:

۱ ـ حفظ منابع طبیعی برای نسل‌های بعد
۲ ـ جلوگیری از انتشار مقدار زیادی گازهای گلخانه‌ای و مواد آلوده کننده‌ی آب
۳ ـ ذخیره کردن انرژی
۴ ـ تأمین مواد خام ارزشمند برای صنعت
۵ ـ اشتغال‌زایی
۶ ـ تشویق به گسترش فناوری سبز
۷ ـ کاهش نیاز به مکان‌های دفن زباله و بی‌نیازی از دستگاه‌های زباله‌سوز

هر یک از این موارد را در کلاس نقد کنید.



در شهر شما زباله ها چه می شوند؟

در یک فعالیت گروهی، تحقیق کنید در شهر شما زباله‌های جمع‌آوری شده چه می‌شوند؟ آیا در زمینه‌ی بازگردانی کاغذ، شیشه، فلزها و مواد پلاستیکی موجود در زباله‌ها کاری انجام شده است؟ گزارش این فعالیت را در کلاس ارایه کنید.

راه های دیگرِ افزایش عمر منابع شیمیایی : جایگزینی

مس از جمله فلزهایی است که در جامعه‌ی امروزی کاربرد گسترده‌ای دارد. در رسانایی الکتریکی، مس پس از نقره در ردیف دوم قرار می‌گیرد. مس، فلز براق و سرخ‌رنگی است و به علت رسانایی الکتریکی زیاد، مقاومت در برابر خوردگی و قابلیت مفتول شدن، در سیم پیچ‌ها، سیم‌کشی خانه‌ها، ساختن آلیاژهایی مانند برنج و برنز، ساختن انواع ترکیب‌های مس و کارهای هنری به کار می‌رود. یکی از معادن مس ایران که در حال حاضر از آن بهره‌برداری می‌شود، معدن مس سرچشمه در استان کرمان است. مقداری از مس تولیدی این معدن، به رفع نیازهای داخلی اختصاص می یابد و بقیه به‌صورت ورق یا مفتول به برخی از کشورهای جهان صادر می‌شود. بنابر قانون پایستگی جرم، اتم‌های مس یا هر فلز دیگر بر اثر شرکت در واکنش‌های شیمیایی تغییر هویت نمی‌دهند. بنابراین، اگر هم به شکل‌های مختلف در طبیعت یافت شوند، ولی باز هم مقدار آن‌ها در کره‌ی زمین ثابت است. با این حال، همان‌طوری که در بالا اشاره شد، با استخراج و مصرف یا فروش فلزها به کشورهای مختلف دنیا، این اتم‌ها که زمانی در یک مکان خاص ذخیره شده بودند، به تدریج پراکنده می‌شوند.

از این‌رو، مس یا هر فلز دیگری را منبع تجدیدناپذیر به شمار می‌آورند. منبعی که سرانجام، ذخایر آن‌ها به پایان خواهد رسید. به این علت، در برخی از کشورها با توجه به افزایش مصرف برخی از فلزها، برای بازگردانی و هم‌چنین یافتن جایگزین مناسبی برای بعضی از کاربردهای آن‌ها تلاش می‌شود. برای مثال، در آمریکا ۲۱٪ از نیاز به مس ، از راه بازگردانی تأمین می شود. در این کشور که بعد از شیلی بیش‌ترین ذخایر مس جهان را دارد، زمانی از کانه‌های غنی مس که ۳۵ تا ۸۸ درصد مس داشتند، استفاده می‌شد. در حال حاضر، چنین کانه‌هایی در آن کشور یافت نمی شود و امروزه با توجه به فناوری موجود که بازهم از نظر اقتصادی به صرفه است، از کانه‌هایی که حدود ۱٪ مس دارند، استفاده می‌شود. با توجه به این مطالب، پرسشی که در این جا مطرح می‌شود این است که برای طولانی‌تر شدن عمر منابع خدادادی، اعم از منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، چه باید کرد؟

بیش تر بدانید

منابع و ذخایر (اندوخته‌ها) دو مفهوم کاملاً متفاوت هستند. با یک مثال این تفاوت را بهتر درک می‌کنید. زمین‌شناسان براساس میزان نقره‌ی موجود در سنگ‌ها، تخمین زده‌اند که مقدار نقره‌ای که تا

عمق یک کیلومتری پوسته‌ی زمین یافت می‌شود، تقریباً ۲×۱۰^{۱۲} تُن است که بسیار بیش‌تر از مقدار مصرف کنونی نقره در جهان، یعنی حدود ۱۰,۰۰۰ تُن در سال است. اگر این مقدار نقره به صورت فلز خالص در یک معدن بزرگ متمرکز بود، تا صدها میلیون سال نیاز جهان به نقره را در همین سطح کنونی تأمین می‌کرد. به هر حال، مقدار زیادی از این نقره با عیاری بسیار ناچیز در طبیعت یافت می‌شود. آن‌چنان ناچیز که استخراج آن با فناوری‌های امروز از دید اقتصادی به صرفه نیست. ذخایر یا اندوخته‌های شناخته شده‌ی نقره، مقدار نقره‌ای است که می توان آن را فوری و با روش‌های شناخته شده به دست آورد. این مقدار حدود ۲۰۰,۰۰۰ تُن است. با توجه به میزان مصرف کنونی، این مقدار نقره تنها ۲۰ سال دیگر نیاز جهان را برآورده خواهد کرد.

این مشکل نقره که برای همه‌ی منابع شیمیایی نیز وجود دارد، به کل مقدار نقره‌ی موجود در طبیعت مربوط نیست بلکه به درصد نقره‌ی موجود در منابع طبیعی و آسانی نسبی استخراج آن مربوط می‌شود.

هنگامی که یک اتم نقره مورد استفاده قرار می‌گیرد، این اتم از بین نمی‌رود بلکه هم‌چنان یک اتم نقره باقی می‌ماند. این اتم ممکن است در محیط پراکنده و غیر قابل دسترس شود. از دید نظری با مصرف انرژی(هزینه) کافی می توان همه‌ی منابع شیمیایی را بازگردانی کرد، اما از دید عملی این کار غیرممکن است. سرب را در نظر بگیرید. این فلز از کانه‌هایی استخراج می‌شود که سرب در آن‌ها متمرکز شده است. اما سربی که سال‌ها در بنزین به کار رفته است، اکنون در سراسر حاشیه‌ی بزرگ‌راه‌های موجود در جهان، پخش شده است و مقدار کمی از آن‌هم در جنگل‌ها و مناطق نزدیک به این بزرگ‌راه‌ها فرو نشسته‌است. با وجود این، آیا بازیافت این سرب عملی است؟ با توجه به این متن عبارت زیر را با کشیدن خط روی واژه‌ی نادرست کامل کنید.

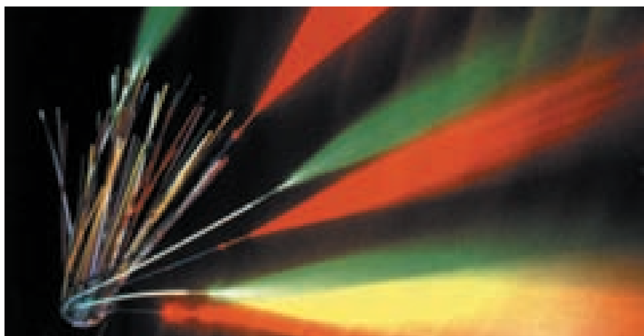
یک (اندوخته / منبع) بخشی از یک (اندوخته / منبع) است که توسط انسان شناسایی شده است و استخراج آن با فناوری‌های روز صرفه‌ی اقتصادی دارد.

پیش از این، دیدیم که دولتمردان، جوامع انسانی را تشویق می کنند تا در بازگردانی زباله‌ی کاغذ(اگرچه این کالا از یک منبع تجدیدپذیر به دست می‌آید) بکوشند. زیرا، با رشد جمعیت جهان و افزایش مصرف کاغذ، تعداد درختان جنگلی که برای تولید کاغذ قطع می‌شوند، بیش از تعداد درختانی است که انتظار می‌رود با رشد نهال‌های کاشته شده، جایگزین شوند.

به هر حال تاکنون، راه‌حل‌های گوناگون دیگری به منظور افزایش طول عمر منابع شیمیایی به‌کار رفته‌است. در میان این راه‌حل‌ها، جایگزینی از اهمیت زیادی برخوردار است. یافتن مواد تازه و جایگزینی آن‌ها با مواد پرمصرف از جمله فعالیت‌هایی است که پژوهشگران علم مواد و شیمیدان‌ها به آن مشغولند.

مواد جایگزین تهیه شده توسط این پژوهشگران، باید خواصی مشابه مواد پرمصرف

داشته باشند و ترجیحاً از منابع تجدیدپذیر به دست آیند. برای مثال، امروزه رشته های نوری که از شیشه ساخته می‌شوند به تدریج جای کابل های مسی را در شبکه‌ی ارتباطات می گیرند و می‌توان آن ها را جایگزین بسیار خوبی برای فلز کم‌یاب و تجدیدناپذیری، مانند مس در نظر گرفت، شکل ۱۳. رشته‌های نوری پیام های تلفنی را به کمک نورِ لیزر حمل می کنند. یک رشته‌ی نوری به ضخامت موی سر انسان، ۵۰۰۰۰ مکالمه‌ی تلفنی را به‌طور هم زمان منتقل می کند.



شکل ۱۳ در صنعت مخابرات رشته‌های نوری جایگزین بسیار مناسبی برای فلز مس به‌شمار می‌آیند.

بیش تر بدانید

سرامیک یک واژه‌ی کلی است و برای توصیف گستره‌ای از مواد که مجموعه خواص معین و مفیدی را در بردارند به کار برده می‌شود. خواص مفید سرامیک‌ها به این قرار است:

- نقطه‌ی ذوب بالایی دارند.
- در مقایسه با فلزها به نسبت سبک‌ترند.
- در برابر فرسایش مقاومند.
- حتی در دماهای بالا سخت و محکمند.
- در برابر گرما و اثر مواد شیمیایی مقاومند.
- عایق خوبی برای جریان برق هستند.

در هر حال، بیش‌تر سرامیک‌ها شکننده‌اند و بر اثر تغییرات ناگهانی دما تَرَک برمی‌دارند. این معایب سبب شده است که کاربرد سرامیک‌های متداول (مانند ظروف سفالی) محدود باشد. سرامیک‌ها به دو دسته‌ی متداول و مهندسی تقسیم می‌شوند.

بیش‌تر سرامیک‌های متداول از خاک رس یا به اصطلاح گِل کوزه‌گری تهیه می‌شوند. خاک رس ذرات نرم و ریزی دارد و با مقدار کمی آب به حالت پلاستیک (نرم و شکل‌پذیر) درمی‌آید خاک رس ساختار لایه‌ای (مانند ورق‌های کاغذ که روی هم قرار بگیرند) دارد، مولکول‌های آب بین لایه‌ها قرار می‌گیرند و در نتیجه لایه‌ها به آسانی روی یک دیگر می‌لغزند. به این علت، شکل دادن به خاک رس آسان می‌شود. وقتی جسم ساخته شده از خاک رس، در برابر هوا، خشک شود، بیش‌تر آب موجود در آن تبخیر می‌شود و جسم سخت و محکمی به دست می‌آید.

اما، چنان‌چه به این جسم دوباره مقدار کمی آب اضافه کنیم، خاک رس موجود حالت پلاستیک خود را باز می‌یابد. در صورت پخته‌شدن این جسم در دمای بالا در کوره، با اضافه کردن آب، دیگر آن حالت پلاستیکی به خاک رس باز نمی‌گردد. در این حالت، خاک رس به ماده ای شیشه‌مانند، تبدیل می‌شود.



خاک رس یک سیلیکات پیچیده است و کاربرد آن برای تهیه‌ی ظرف های سفالی عمری به قدمت زندگی بشر دارد.

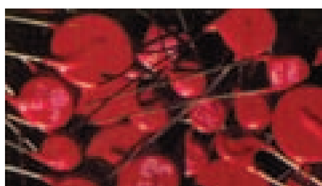
ظرف‌های سفالی ساخته شده به این روش، متخلخل هستند و آب به آسانی در آن‌ها نفوذ می کند. برای جلوگیری از نفوذ آب، روی آن‌ها لعاب می‌دهند. این لعاب شامل گرد بسیار نرمی از شیشه است. در این حالت، به هنگام پختن ظرف در کوره، این لعاب ذوب می‌شود و لایه‌ای ضدآب روی سطح ظرف به‌وجود می‌آورد.

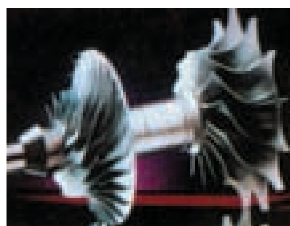


مراحل لعاب‌کاری یک ظرف سفالی

از سال‌های ۱۹۷۰ به این طرف سرامیک‌های تازه‌ای توسط مهندس‌ها ساخته شده است که سختی و استحکام زیادی دارند و در برابر شوک گرمایی و خوردگی مقاومند. مهم تر این که خواص یاد شده را در دماهای زیاد نیز حفظ می کنند. این سرامیک‌ها برخلاف سرامیک‌های متداول و سنتی، ترکیب دقیقاً کنترل شده‌ای دارند و در شرایط کاملاً معینی به دست می‌آیند. سختی و دوام این سرامیک‌ها نشان می‌دهد که می‌توانند در بسیاری از کاربردها، جانشین فلزها شوند. در ضمن در بیمارانی که از ورم مفاصل رنج می‌برند، برخی از این سرامیک‌ها به عنوان جایگزینی برای مفاصل به کار برده می‌شوند.









از سرامیک‌ها برای تولید تیغه‌ی توربین‌ها،
مفاصل ساختنی وقطعه‌های الکترونیکی استفاده می‌شود. در هر مورد از کدام ویژگی
سرامیک‌ها استفاده شده است؟



شیمی و دانشگاه

تحقیق کنید که چه رشته‌هایی در دانشگاه روی شناسایی منابع معدنی و فرایند بهره‌برداری از آن‌ها مطالعه می کنند؟ برای ورود به این رشته‌ها آموختن چه درس‌هایی در دوره‌ی متوسطه از اهمیت بیش‌تری برخوردار است؟ و دانش‌آموختگان این رشته ها در چه بخش‌هایی می‌توانند به کار مشغول شوند؟



بیش تر بخوانید

۱ــ *شیشه‌ها و قوطی‌ها* و استفاده‌ی دوباره از آن‌ها، کامیار مرتضوی ، چاپ اول، ۱۳۷۹، نشر سرمدی.

۲ــ *بدون منابع معدنی هرگز*، مریم صباغان، پوپک مرعشی، فیروزه منتظری، چاپ اول، ۱۳۸۱، انتشارات محراب قلم.

بخش ۴

طلای سیاه، اندوخته‌ای رو به پایان

آن خدایی که از درخت سبز برایتان آتش پدید آورد و شما از آن، آتش می‌افروزید.

(قرآن مجید، سوره‌ی ۳۶ آیه ی ۸۰)



مایع سیاهی که رؤیای کیمیاگران یعنی تبدیل مس به طلا را به واقعیت تبدیل کرد!

پس از آب، نفت فراوان‌ترین مایع در بخش‌های بالایی پوسته‌ی زمین است. اگر چه کمی اغراق‌آمیز به نظر می‌رسد ولی زندگی در جهان امروز بدون این مایع قهوه‌ای تیره که بوی نامطبوعی دارد، ناممکن خواهد بود. دست کم در حال حاضر، نفت نقش پراهمیتی در زندگی روزانه ی ما بازی می کند. بخش بزرگی از نیازهای ما به انرژی، با **سوزاندن** نفت تأمین می‌شود. خانه و کلاس شما به طور مستقیم یا غیر مستقیم با نفت گرم یا با آن روشن می‌شود. نفت صنعت حمل و نقل را رونق می‌بخشد. نفت یک منبع غنی از مواد شیمیایی است. موادی که می‌توان از آن‌ها رنگ، دارو، انواع پلاستیک، پارچه، ویتامین‌های ساختنی و مواد گوناگون بسیاری **ساخت**. شکل ۱ نشان می‌دهد که به طور میانگین از هر بشکه نفت چه مقدار برای سوزاندن (نفت به عنوان منبع انرژی) و چه مقدار برای ساختن (نفت

حجم نفت را با بشکه اندازه می‌گیرند. هربشکه نفت ۱۵۹ لیتر نفت است. اگرچه نفت خام را در چنین بشکه‌های کوچکی حمل نمی‌کنند.



به عنوان ماده‌ی اولیه برای تولید مواد شیمیایی ارزشمند) مصرف می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، به‌طور میانگین در کشورهای پیشرفته تنها ۱۳ درصد از هر بشکه نفت برای مواردی غیر از سوزاندن به کار می‌رود. ۸۷ درصد بقیه یعنی بیش از ۶/۵ برابر به عنوان سوخت مصرف می‌شود. بعضی از کارشناسان نفتی پیش‌بینی می‌کنند که در قرن بیست و یکم استخراج نفت از منابع شناخته شده، به اوج خود خواهد رسید. پس از آن، با کم شدن منابع نفتی، تولید نفت کاهش می‌یابد و به این ترتیب بهای نفت، پیوسته افزایش خواهد یافت. هنگامی که نفت گران و کمیاب شود، چگونه از آن استفاده خواهیم کرد؟ آیا می‌توانیم روش زندگی خود را به گونه‌ای تغییر دهیم که مصرف این ماده‌ی ارزشمند و حیاتی کاهش یابد؟ آیا باید نفت را برای تولید انرژی بسوزانیم یا از آن مواد سودمند دیگری بسازیم؟ پاسخ شما چیست؟



شکل ۱ نفت برای سوزاندن و ساختن

مندلیف شیمیدان روسی ده‌ها سال پیش هشدار داد که سوزاندن نفت برای تولید انرژی مانند آن است که اجاق آشپزخانه را با سوزاندن اسکناس روشن نگاه داریم.

سوخت ماده‌ای است که به آسانی می‌سوزد و به هنگام سوختن مقدار قابل توجهی انرژی آزاد می‌کند.

فراوانی ظاهری، سهولت انبارداری و حمل و نقل، کاربرد آسان و بهای ارزان نفت موجب شده است که به توصیه‌ی مندلیف توجه نکنیم. در ضمن، این بی‌توجهی ما را با مشکلات محیط زیستی بسیاری چون آلودگی هوا نیز روبه‌رو کرده است، به ویژه، ورود حجم زیاد گاز کربن دی‌اکسید ناشی از سوزاندن این سوخت‌ها به هوا کره، سبب شده است که دمای زمین به تدریج افزایش یابد، شکل ۲.



شکل ۲ این خودروی مسابقه‌ای در حادثه‌ای دچار آتش‌سوزی شده است.
آیا از بین رفتن این خودرو تنها خسارت این حادثه است؟

بنابراین، برای ساختن آینده‌ای سبز برای خود و نسل‌های بعدی، باید به طور جدی در چگونگی مصرف نفت بازنگری کنیم. اما، پیش از هرگونه تصمیم‌گیری درباره‌ی شکل و میزان مصرف نفت، باید اطلاعاتی درباره‌ی نفت به دست آوریم. باید بدانیم که نفت چیست و چگونه به‌وجود آمده است. اجزای سازنده‌ی آن چه موادی هستند و چه خواصی دارند. باید بدانیم که چه‌قدر نفت باقی‌مانده است، نفت باقی‌مانده در آینده با چه سرعتی مصرف خواهد شد و آیا می‌توان برای نفت، جایگزینی یافت؟

بیش تر بدانید

طی هزارها سال مقادیر کمی از نفت موجود در جهان مورداستفاده قرار گرفته بود. در آن زمان انسان‌ها نفت را هنگامی که چون چشمه‌ای از دل زمین می‌جوشید و بیرون می‌آمد یا به‌طریقی به‌درون چاه آب راه می‌یافت، جمع‌آوری و استفاده می‌کردند. به‌طوری که، برای مردمانی که به‌دنبال حفر چاهی برای تأمین آب آشامیدنی خود بودند، نفت مایه‌ی دردسر و آزار نیز بوده است.

به هرحال، مصریان باستان از نفتی که به این روش به‌دست می‌آمد برای مومیایی کردن اجساد مردگان خود، و از قیر برای گرفتن درزهای موجود در اهرام بزرگ خویش بهره می گرفتند. بابلی‌ها، آشوریان و پارسیان نیز از قیر برای روسازی جاده‌ها و آب‌بندی پایه‌ی دیوارها و ساختمان‌ها استفاده می‌کردند. ساکنان منطقه‌ی بین‌النهرین، درز قایق‌های ساخته‌شده از نی خود را با قیراندود کردن، می‌گرفتند و به این ترتیب آن‌ها را نسبت به آب نفوذناپذیر می‌کردند. آمده است که حضرت نوح(ع) نیز بدنه‌ی کشتی خود را به نفت آغشته کرد تا آب به درون آن نفوذ نکند. بومیان ساکن آمریکا از نفت به‌عنوان رنگ، دارو و سوخت بهره می‌گرفتند. صحرانشینان، نفت را برای درمان بیماری کچلی شترها به‌کار می‌بردند. پارسیان و سومریان معتقد بودند که نفت ارزش دارویی دارد. این باور تا مدت‌ها فراگیر بود و حتی تا اواخر سده‌ی نوزدهم میلادی نیز نفت را به‌عنوان داروی نیروبخشی که هر فنجان از آن هر نوع درد یا کسالتی را برطرف می‌کند، به‌فروش می‌رساندند. اگرچه، این روغن سیه‌روی هیچ‌گونه اثر دارویی نداشت، با این حال افرادی که آن را نوشیده‌اند ،تنها دریافته‌اند که نفت خام مزه‌ی خیلی خوبی ندارد!

در این بخش ضمن پاسخ به برخی از این پرسش‌ها، شما قادر خواهید شد تا خود در این باره تصمیمی آگاهانه و مسئولانه بگیرید.

در عالم خیال!

بامداد یک روز تعطیل، در خانه بمانید و به دور و بر خود نگاه کنید. فهرستی از اقلامی را تهیه کنید که یا فراورده‌های نفتی را مصرف می کنند، یا از آن‌ها ساخته شده‌اند. حال فرض کنید که همه‌ی این وسایل یا مواد به یک‌باره ناپدید شوند. چه روی می‌دهد؟ آیا زندگی امروزی بدون وجود این فراورده‌های نفتی امکان‌پذیر است؟ یکی از اقلام موجود در فهرست خود را درنظر بگیرید. فکر می کنید اگر این جسم نبود، چه چیز یا چیزهای دیگری می‌توانست جای آن را به‌طور کامل پر کند؟ پاسخ خود را شرح دهید.

نفت یک سوخت فسیلی است

به زغال سنگ، نفت خام و گاز طبیعی، سوخت‌های فسیلی می‌گویند. زیرا، زمین شناسان بر این باورند که این مواد از فسیل‌شدن اجساد و بقایای جانوران و گیاهانی به‌وجود آمده‌اند که صدها میلیون سال پیش می‌زیسته‌اند. درواقع،اجساد این جانوران و



گیاهان پس از مرگ، در زیر رسوب‌های دریایی مدفون شد و ابتدا در نبود اکسیژن توسط باکتری‌ها تا حدودی تخریب و سرانجام در فشار و دمای بالای موجود در اعماق زمین، در یک رشته واکنش‌های شیمیایی پیچیده، به مواد خام ارزشمندی تبدیل شده‌اند. بی‌تردید، هم‌اکنون نیز مقداری نفت از باقی‌مانده‌ی موجودات زنده در حال تشکیل است. اما، تشکیل نفت بسیار آهسته انجام می‌شود، به طوری که نمی‌توانیم، آن را یک منبع تجدیدپذیر به‌شمار آوریم.

برخی بر این باورند که



سوخت‌های فسیلی نوعی انرژی خورشیدی ذخیره شده هستند.
این دیدگاه را در کلاس نقد کنید.

ما سوخت‌های فسیلی را منابعی **تجدیدناپذیر** می‌دانیم، زیرا سرانجام روزی به‌پایان خواهند رسید. اگر چه، انسان‌ها طی هزارها سال از سوخت‌های فسیلی به ویژه زغال سنگ استفاده کرده‌اند، با این حال تنها مقدار اندکی نفت مورد استفاده قرار گرفته است. با یافتن نفت در میانه‌ی سده‌ی نوزدهم میلادی، تحوّلی شگرف در زندگی بشر به‌وجود آمد. زیرا، افزون بر کاربرد آن در تأمین انرژی، انسان‌ها با پی‌بردن به ساختار و ویژگی‌های مواد شیمیایی سازنده‌ی نفت، توانسته‌اند مواد تازه و سودمندتری از آن بسازند. در این میان، کاربرد سوخت‌های فسیلی به ویژه نفت برای تأمین انرژی بر دیگر کاربردهای آن پیشی گرفت، به طوری که امروزه حدود ۹۰ درصد از انرژی مورد نیاز ما از مصرف این سوخت‌ها تأمین می‌شود. در واقع منابعی که طی میلیون‌ها سال به وجود آمده‌اند، اگر مصرف آن‌ها به این شکل و با سرعتی که امروزه مصرف می‌شوند، ادامه یابد، در زمانی کم‌تر از ۴۰۰ سال به پایان خواهند رسید.

یادی از گذشته‌ها

بی‌تردید در هفتاد سال پیش کاربردهای نفت در زندگی بسیار محدودتر از امروز بوده است. در یک فعالیت گروهی، با یک فرد سال‌خورده که حدود آن دوره را به یاد می‌آورد مصاحبه کنید. این فرد می‌تواند عضو خانواده یا همسایه‌ی یکی از اعضای گروه یا فردی باشد که در آسایشگاه سالمندان زندگی می‌کند. پرسش‌های نمونه‌ای در زیر ارایه شده‌اند. در آغاز، این پرسش‌ها را در کلاس بخوانید و همه یا شماری از آن‌ها را انتخاب کنید. همه‌ی گروه‌ها باید پرسش‌های یکسانی در اختیار داشته باشند تا بتوان در پایان کار، نتایج به‌دست آمده را با هم مقایسه کرد.

نمونه پرسش‌های پیشنهادی برای مصاحبه

۱ـ در دوران کودکی در کجا زندگی می‌کردید؟ در شهر، در حومه‌ی شهر یا در روستا؟ ویژگی‌های محل زندگی خود را شرح دهید.

۲ـ خانه‌ی خود را با چه وسیله‌ای گرم می کردید؟

۳ـ چگونه این وسیله، گرمای موردنیاز شما را تأمین می کرد؟ آیا خودتان سوخت موردنیاز را تهیه می کردید یا آن را به خانه‌ی شما می‌آوردند؟

۴ـ منبع مورد استفاده‌ی شما در آن زمان از نظر پاکیزگی، آرامش و مقدار گرمای تولیدی، در مقایسه با امروز چگونه بود؟

۵ ـ منبع اصلی روشنایی خانه و محله‌ی شما در دوران کودکی چه بود؟ منبع انرژی مورد استفاده برای تولید این روشنایی چه بود؟

۶ـ وسایل حمل و نقل عمومی در آن دوران چه چیزهایی بود؟ انرژی لازم برای به حرکت درآوردن آن‌ها چگونه تأمین می شد؟

۷ـ وسیله‌ی حمل و نقل شخصی شما در آن زمان چه چیزی بود؟ این شیوه‌ی حمل و نقل چه‌قدر مرسوم بود؟ منبع تأمین انرژی آن چه بود؟

۸ ـ برای پخت و پز از چه سوختی استفاده می کردید؟

۹ـ اگر شما ناچار بودید غذای خود را از بیرون خریداری کنید، بسته‌بندی آن‌ها چگونه بود؟

۱۰ـ برای شست و شوی لباس‌ها از چه نوع صابونی استفاده می کردید؟ آیا کارایی آن‌ها به اندازه‌ی صابون‌ها و پاک کننده‌های امروزی بود؟

۱۱ـ چه نوع پارچه‌هایی برای تهیه‌ی لباس‌های شما به کار می‌رفت؟ این پارچه‌ها از چه چیزهایی ساخته می‌شدند؟

پیش از اجرای مصاحبه، هر گروه به‌طور آزمایشی همان مصاحبه را با یکی از اعضای گروه خود، انجام دهد. این مصاحبه‌ی تمرینی، اطلاعات امروزی کامل‌تری را برای مقایسه‌ی بهتر در اختیار شما قرار می‌دهد و به شما در تقویت مهارت مصاحبه کردن نیز کمک می کند. پس از اجرای مصاحبه پاسخ‌ها را خلاصه کنید و در جدولی مانند نمونه‌ی زیر و روبه‌روی موضوع مورد پرسش بنویسید.

موضوع مورد پرسش	گذشته (نتیجه‌ی مصاحبه)	حال (نتیجه‌ی بحث در گروه)
گرم کردن خانه روشنایی حمل و نقل عمومی حمل و نقل شخصی پخت و پز بسته‌بندی مواد غذایی شست و شوی لباس‌ها جنس پوشاک		

چنین جدولی را روی تخته‌سیاه رسم کنید و نتایج مصاحبه‌ی همه‌ی گروه‌ها را در آن وارد کنید. دقت شود که در هر ستون نخست پاسخ‌هایی نوشته شود که گروه‌های بیش‌تری به آن دست یافته‌اند.



نخستین چاه نفت جهان ۲۱ متر عمق داشت و در سال ۱۸۵۹ میلادی در پنسیلوانیای آمریکا حفر شد. از این چاه ۳۵ بشکه نفت در روز بیرون کشیده می‌شد و هر بشکه با قیمت ۲۰ دلار به‌فروش می‌رسید.



نخستین چاه نفت ایران در مسجد سلیمان حفر شد و در پنجم خرداد ۱۲۸۷ خورشیدی در عمق ۳۶۰ متری به‌نفت رسید.



در سال ۱۲۸۰ خورشیدی امتیاز اکتشاف، استخراج، پالایش، حمل و نقل و فروش طلای سیاه ایران توسط مظفرالدین‌شاه به یکی از سرمایه‌داران انگلیسی واگذار شد.



سپس پرسش‌های زیر را در کلاس به بحث بگذارید.

۱ـ تفاوت‌های اصلی میان گذشته و حال را در چه چیزهایی می‌بینید؟

۲ـ آیا دوست دارید به گذشته بازگردید؟ چرا؟

۳ـ اگر منابع انرژی موجود تمام شوند، آیا شیوه‌ی زندگی ما به شکلی برمی‌گردد که در گذشته مرسوم بوده است؟ چرا؟

۴ـ شما که در عصر حاضر زندگی می‌کنید، از اجرای این فعالیت چه نتیجه‌ای گرفتید؟



۲۹ اسفند سال ۱۳۲۹ روز افتخارآمیز ملی‌شدن صنعت نفت. در این روز، پس از مدت‌ها تسلط بیگانگان بر منابع نفتی کشور، قانونی به تصویب رسید که براساس آن تصمیم‌گیری درباره‌ی نفت از آنِ ملت و دولت ایران شد. امروز بیش از نیم‌قرن از آن روز می‌گذرد.

پراکندگی منابع نفتی در جهان

مانند بسیاری از منابع طبیعی شناخته شده‌ی دیگر، نفت نیز در سراسر جهان به طور یکسان یافت نمی‌شود. از مجموع هزار میلیارد (۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰) بشکه نفتی که به طور تخمینی اندوخته‌ی شناخته شده‌ی جهان را تشکیل می‌دهد، ۶۵/۷ درصد آن در منطقه‌ی خاور میانه یافت شده است. منطقه‌ای که تنها ۱ درصد از سطح کره‌ی زمین را تشکیل می‌دهد، شکل ۳.



شکل۳ اندوخته‌ی شناخته شده‌ی نفت جهان (بر حسب میلیارد بشکه) تا سال ۱۹۹۲. همان‌طور که دیده می‌شود ۶۵/۷ درصد نفت جهان در خاورمیانه جای دارد.

کشور ما نیز در این منطقه قرار دارد و سالانه صدها میلیون بشکه نفت خام تولید می‌کند. اکنون نیز خبر یافتن میدان‌های نفتی تازه در برخی از نقاط جهان، به گوش می‌رسد.

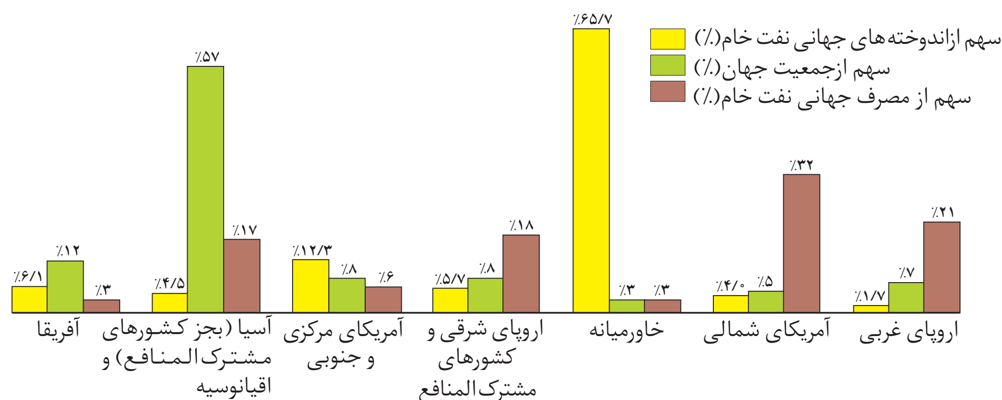
هر که بامش بیش برفش بیش‌تر!

با توجه به نمودارهای صفحه‌ی بعد به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

۱ـ کدام ناحیه، بیش‌ترین منابع نفتی جهان را نسبت به جمعیت خود، در اختیار دارد؟

۲ـ کدام نواحی ،نفت خام تولیدی جهان را به میزانی بیش‌تر از آن‌چه که دارند، مصرف می کنند؟

۳ـ کدام نواحی، احتمالاً صادرکننده ی نفت خام هستند؟



نفت چیست؟ با آن چه می کنیم؟

نفت را **طلای سیاه** نامیده اند، اما چرا نفت تا این اندازه ارزشمند است؟ از دیدگاه شیمیایی، نفت مخلوطی از صدها ترکیب مولکولی است. این ترکیب ها دو خصلت شیمیایی سودمند دارند: نخست این که سرشار از انرژی اند و همین انرژی است که به هنگام سوزاندن آن ها، آزاد می شود. دوم این که، این مولکول ها را می توان به روش های شیمیایی به یک دیگر تبدیل کرد و مواد شیمیایی گوناگون و سودمندتری به دست آورد.

شیمیدان ها کشف کرده اند که چگونه مولکول های کوچک نفت را به مولکول های غول آسا، تبدیل کنند و به این ترتیب، مواد خام مورد نیاز برای تهیه ی انواع پلاستیک، الیاف ساختنی و لاستیک را تولید کنند. شیمیدان ها هم چنین می دانند که چگونه مولکول های نفت را به مولکول های تشکیل دهنده ی عطرها، مواد منفجره و داروهایی مانند آسپیرین، استامینوفن و کدیین تبدیل کنند.

نفت خام در نظر شیمیدان ها بسیار هیجان انگیزتر و سرگرم کننده تر از چیزی است که از ظاهر سیاه و قیر مانند آن بر می آید. به هر حال، شاید با یافتن پاسخ دو پرسش زیر بتوان پرده از راز این ماده ی شگفت انگیز برداشت.

۱) چه نوع مولکول هایی موجب شده اند نفت از دیدگاه شیمیایی گنجینه ای گران بها به نظر بیاید؟

۲) چگونه می توان این مولکول ها را از یک دیگر جدا کرد؟

کار کردن با طلای سیاه

نفتی که از چاه بیرون آورده می شود، **نفت خام** نام دارد. نفت خام، مایعی قهوه ای مایل به سیاه است، که ممکن است مانند آب، روان یا مانند قیر غلیظ باشد. نفت خام را به وسیله ی لوله، قطار، کامیون یا کشتی به پالایشگاه منتقل می کنند. در آن جا، نفت به مخلوط های ساده تر تفکیک می شود. برخی از این مخلوط ها به همین شکل برای مصرف



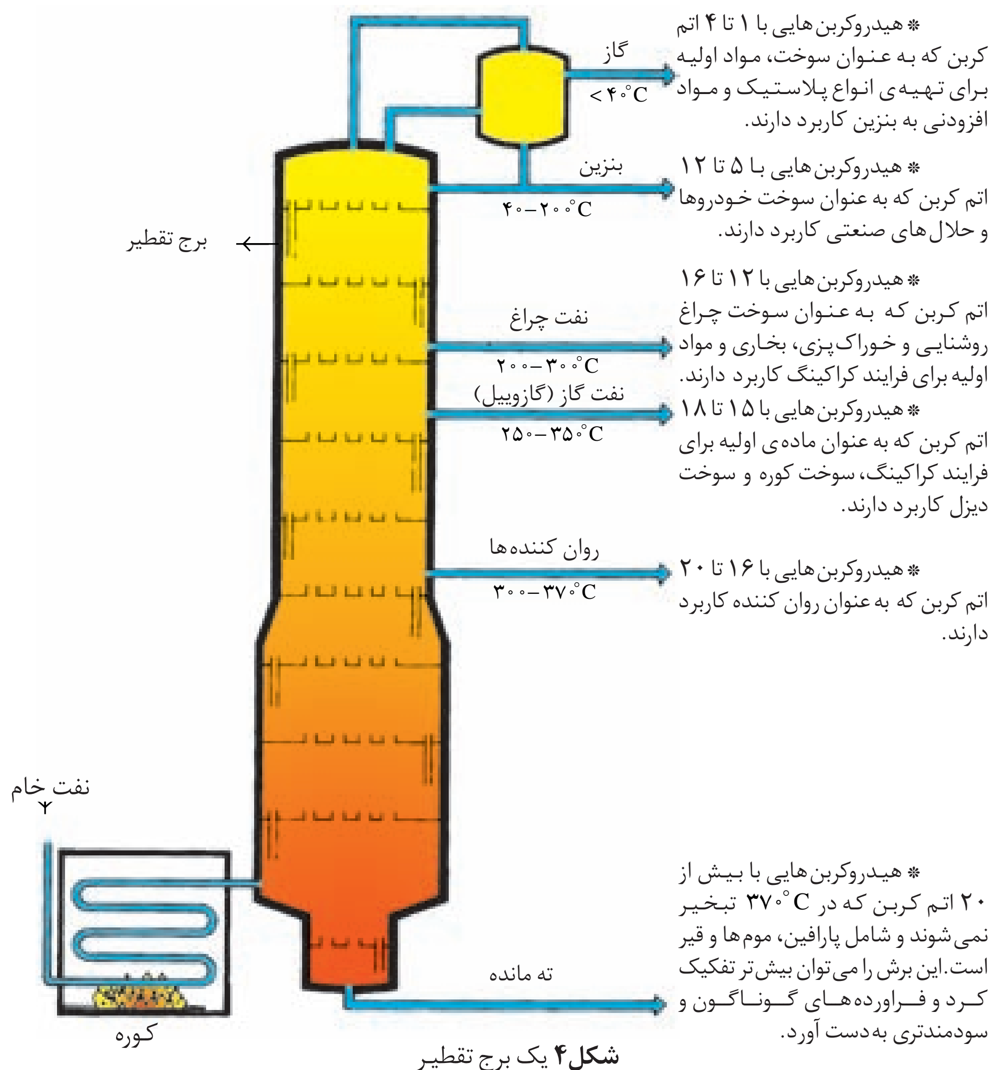
آماده‌اند. اما، برخی دیگر، پس از اجرای عملیات شیمیایی روی آن ها، قابل مصرف می‌شوند.

پس از جدا کردن ناخالصی های نفت خام، ترکیب‌هایی به نام **هیدروکربن** برجای می‌مانند. هیدروکربن‌ها ترکیب‌هایی هستند که تنها از دو عنصر کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند.

پالایش نفت خام

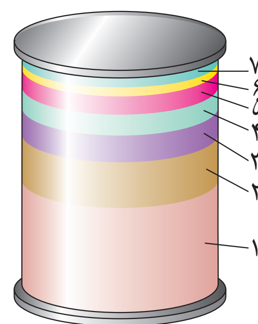
پس از جدا کردن نمک‌ها و اسیدها، هیدروکربن‌های باقی مانده را **پالایش** می‌کنند یعنی به وسیله‌ی تقطیر جزء به جزء به مخلوط هایی با نقطه جوش‌های تقریباً یکسان جدا می‌کنند. شکل ۴ چگونگی تقطیر جزء به جزء یا جداسازی نفت خام را به برش‌های گوناگون نشان می‌دهد. در آغاز، نفت خام را در کوره تا $۴۰۰ ^\circ C$ گرم می‌کنند تا بسیاری از اجزای آن به‌جوش آیند و به صورت بخار بیرون روند. در جریان تقطیر، نخست مولکول‌های کوچک‌تر بخار می‌شوند و به سوی بالای ستون تقطیر می‌روند. هر پیکان رسم شده به سمت راست، نام برش و محدوده‌ی نقطه‌جوش آن را نشان می‌دهد. برش‌هایی که نقطه‌ی جوش آن‌ها بیش‌تر است، از مولکول‌های بزرگ‌تری تشکیل شده‌اند.

برش نفتی به مخلوطی از هیدروکربن‌ها می‌گویند که در هنگام تقطیر جزء‌به‌جزء نفت‌خام از بخش خاصی از برج تقطیر خارج می‌شود.



شکل ۴ یک برج تقطیر

کاربردهای پایانی فراورده‌های حاصل از پالایش یک بشکه نفت خام.



۱ـ بنزین ۷۴/۶ L

۲ـ نفت سفید و گازوییل ۳۱/۸ L

۳ـ سوخت هواپیما ۱۶/۰ L

۴ـ حلال‌ها، موم‌ها و روان کننده‌ها ۱۶/۰ L

۵ ـ سوخت کوره ۱۱/۰ L

۶ ـ قیر ۴/۹ L

۷ـ پلاستیک‌ها و مواد پتروشیمیایی ۴/۷ L

برای این منظور، نفت خام گرم شده در کوره را با پمپ به پایین برج یا ستون تقطیر که معمولاً بیش از ۳۰ متر ارتفاع دارد، می‌فرستند. درون برج تقطیر، سینی‌هایی در فاصله‌های متفاوت قرار داده شده است. هنگامی که نفت خامِ داغ به برج تقطیر وارد می‌شود، مولکول‌های سبک (برش‌های با نقطه‌ی جوش کم‌تر) به اندازه‌ی کافی انرژی گرمایی به دست آورده اند که از نفتِ مایع، بیرون بیایند و به بالا، به سوی بخش‌های سردتر برج تقطیر، بروند. به تدریج که این مولکول‌ها بالا می‌روند، سرد می‌شوند. برخی از این مولکول‌ها در حالت گازی باقی می‌مانند و به سوی بالای برج صعود می‌کنند. در آن جا، به طور جداگانه به عنوان برش گازیِ نفت، جدا می‌شوند. برخی دیگر از مولکول‌های نفت با سرد شدن، به حالت مایع برمی‌گردند و در سینی‌هایی که در فاصله‌های متفاوت برج قرار گرفته‌اند، می‌ریزند. این مواد را که محدوده‌ی نقطه‌ی جوش آن‌ها متفاوت است، به عنوان برش‌های مایع جدا می‌کنند. در این شرایط، در پایین برج تقطیر، موادی که نقطه‌ی جوش آن‌ها بیش‌تر از $370^{\circ}C$ است، به گاز تبدیل نمی‌شوند. این مواد در فرایند تقطیر هم‌چنان به صورت مایع در برج باقی می‌مانند. این مایع‌های غلیظ را که **ته‌مانده** نامیده می‌شوند، از پایین برج تقطیر، بیرون می‌کشند.

سوختن یا ساختن؟

در شکل صفحه‌ی بعد، برش‌های اصلی نفت‌خام به همان صورتی که از برج تقطیر بیرون می‌آیند، نشان داده‌شده‌اند. در برابر هر پیکان، فهرست فراورده‌های حاصل از هر برش که به مصرف کنندگان فروخته می‌شوند و برخی از کاربردهای نهایی این فراورده‌ها نوشته شده است. در پایین‌ترین چهارگوش (مربع یا مستطیل)، فهرستی از فراورده‌های تولیدشده توسط مصرف کنندگان برش‌های نفتی و در بالاترین چهارگوش، فراورده‌های جانبی آن‌ها را نیز مشاهده می‌کنید.

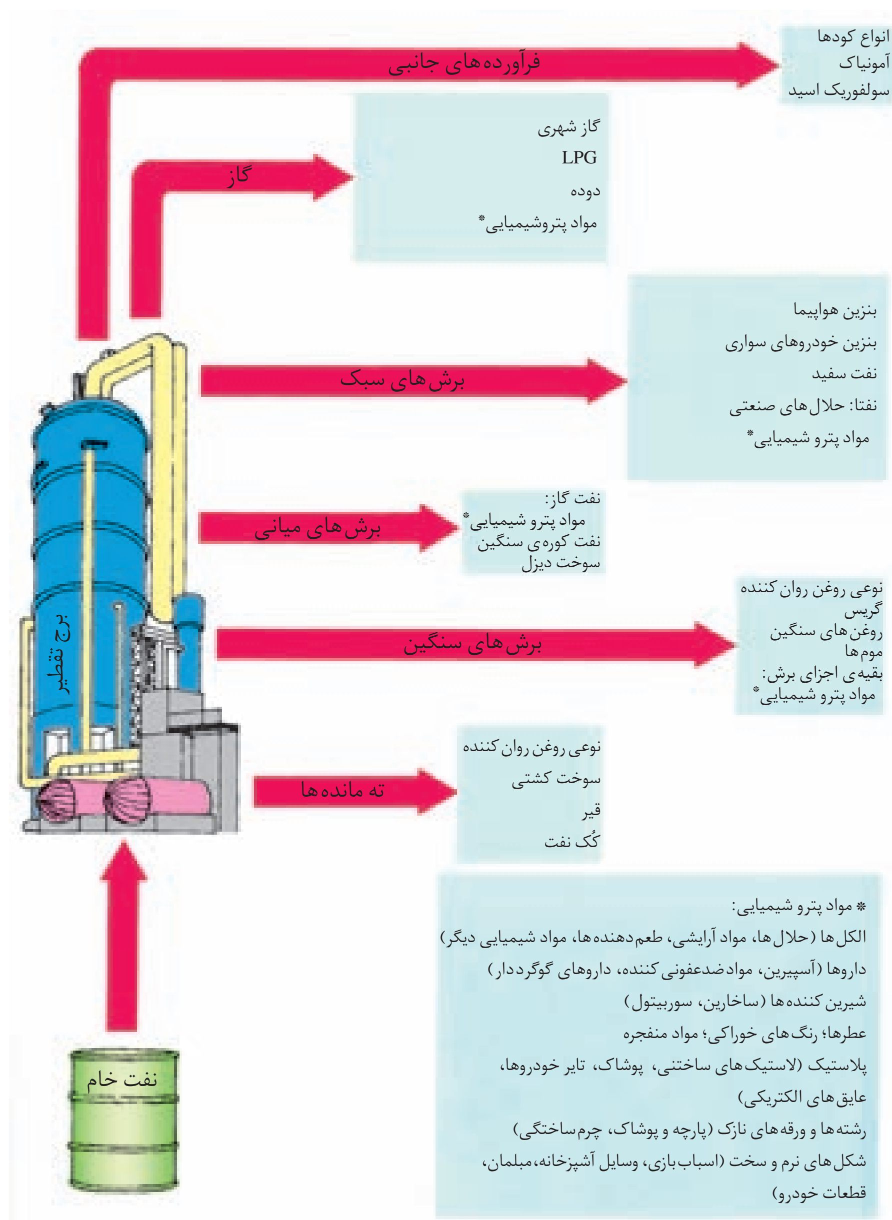
معلم شما کلاس را به پنج گروه کاری تقسیم می‌کند. با توجه به شکل ۵ هر گروه نماینده‌ی یک برش نفتی باشد. پس از مشورت با اعضای گروه و با توجه به ویژگی‌های برش نفتی خود به پرسش‌های زیر پاسخ گویید.

آ) آیا در کاربردهای برش نفتی گروه شما، نفت‌خام به‌عنوان یک منبع انرژی دیده شده است و برای سوختن به کار می‌رود؟ اگر پاسخ شما مثبت است، این کاربردها را نام ببرید.

ب) آیا در کاربردهای برش نفتی گروه شما، نفت‌خام به‌عنوان یک منبع برای ساختن مواد جدید دیده شده است؟ اگر چنین است، این کاربردها را نام ببرید.

پ) اگر برش نفتی گروه شما و همه‌ی فراورده‌های حاصل از آن، در یک بحران کمبود نفت به‌طور کامل حذف شوند، چه تغییری باید در زندگی ایجاد شود؟ پاسخ خود را شرح دهید.





شکل۵ از نفت خام تا فرآورده‌های نفتی

LPG کوتاه شده‌ی عبارت ***Liquified Petrolum Gas*** *به معنای نفت‌گازِ مایع شده است.* LPG را گاز مایع نیز می‌گویند.

ت) دو کاربرد برش نفتی خود را که به کارگیری آن‌ها حتی در هنگام رویارویی با بحران کمبود نفت اهمیت دارند، نام ببرید. دلایلی برای انتخاب خود بیان کنید.

ث) بر اساس پاسخ‌هایتان به پرسش‌های بالا، به‌نظر شما کدام مهم‌تر است:
سوزاندن نفت خام برای تولید انرژی یا *ساختن مواد جدید از نفت خام* ؟ چرا؟

بیش تر بدانید

LPG یا گاز مایع، برش ساده و بسیار سبکی از نفت خام است. این برش به‌طور عمده از گازهای پروپان و بوتان تشکیل شده است. این گازها را زیر فشار نسبتاً زیادی به‌صورت مایع درمی‌آورند و در

کپسول‌های فولادی برای مصارف خانگی، ذخیره می‌کنند. این کپسول‌های گاز مایع در زمستان‌ها پروپان (نقطه‌ی جوش: $-۴۲/۱^\circ C$) بیش‌تر و در تابستان‌ها بوتان (نقطه‌ی جوش: $-۰/۵^\circ C$) بیش‌تری دارند. به نظر شما چرا تولیدکنندگان گاز مایع مقدار این دو گاز را به این‌صورت تغییر می‌دهند؟

نگاهی به مولکول‌های نفت

برش گازی نفت، شامل ترکیب‌هایی با نقطه‌ی جوش پایین است. مولکول‌های این گازها از یک تا چهار اتم کربن دارند و چون سبک هستند، نیروهای جاذبه‌ی بین مولکولی در آن‌ها بسیار ناچیز است. به این علت این مولکول‌ها به آسانی از یک دیگر جدا می‌شوند و به صورت گاز از برج تقطیر بیرون می‌روند.

برش‌های مایع نفت که شامل بنزین، نفت چراغ (نفت سفید) و روغن‌های سنگین‌تر هستند، از مولکول‌هایی با پنج تا بیست اتم کربن تشکیل شده‌اند. برش جامد و روغنی شکل نفت که حتی در دماهای زیاد نیز تبخیر نمی‌شود، شامل مولکول‌هایی با اتم‌های کربن بیش‌تر است. در میان ترکیب‌هایی که از نفت خام به دست می‌آیند، نیروهای جاذبه‌ی بین مولکولی در این برش‌های جامد، از همه بیش‌تر است.

طی تبخیر و جوشش، مولکول‌های مایع به اندازه‌ای انرژی به دست می‌آورند که می‌توانند بر نیروهای بین مولکولی چیره شوند و از حالت مایع به حالت گازی درآیند.

فکر کنید

هیدروکربن‌های داده شده در جدول زیر را به ترتیب افزایش نقطه‌ی جوش، از بالا به پایین، منظم کنید (هیدروکربن‌هایی که نقطه‌ی جوش آن‌ها از همه کم‌تر است در بالا بنویسید.) و به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید:

۱ـ کدام هیدروکربن‌ها در دمای معمولی ($۲۵^\circ C$) گازی شکل‌اند؟

۲ـ کدام هیدروکربن بین دمای معمولی و $۳۷^\circ C$ (دمای بدن انسان) به جوش می‌آید؟

۳ـ راجع به نیروهای جاذبه‌ی بین مولکولی در دکان، در مقایسه با نیروهای جاذبه‌ی بین مولکولی در بوتان، چه می‌توان گفت؟

نقطه‌ی جوش برخی از هیدروکربن‌ها

هیدروکربن	نقطه‌ی جوش ($^\circ C$)
بوتان	$-۰/۵$
دکان	۱۷۴/۰
اتان	$-۸۸/۵$
هپتان	۹۸/۵
هگزان	۶۸/۵
متان	$-۱۶۲/۰$
نونان	۱۵۱/۰
اوکتان	۱۲۵/۵
پنتان	۳۶/۰
پروپان	$-۴۲/۱$



شیمی آلی

ویژگی‌های هیدروکربن‌های به دست آمده از تقطیر نفت خام را در شاخه‌ای از شیمی می‌توان مطالعه کرد که به **شیمی آلی** موسوم است. واژه‌ی **آلی** برای نامگذاری این شاخه‌ی شیمی، از این رو انتخاب شده است که در گذشته تصور می‌شد که مواد شیمیایی تولید شده به وسیله‌ی موجودات زنده (مانند: قند، نشاسته، سرکه و چربی) تفاوت آشکاری با آن‌هایی دارند که در مواد غیر زنده (مانند: آهن، سنگ آهک و نمک خوراکی) یافت می‌شوند. گذشتگان بر این باور بودند که در این مواد یک نیروی زندگی‌بخش نهفته است و به این دلیل مواد یادشده را **مواد آلی** می نامیدند. از دید آن‌ها سنگ‌ها و کانی‌های سازنده‌ی زمین و موادی که از آن‌ها ساخته می‌شوند، همگی مواد غیر آلی هستند. با ساخته شدن نخستین ترکیب آلی در آزمایشگاه، افسانه‌ی نیروی زندگی بخش به فراموشی سپرده شد، اما هنوز هم نام **شیمی آلی** بر زبان‌ها جاری است. ویژگی آشکار ترکیب‌های آلی، وجود اتم‌های کربن در همه‌ی آن‌هاست. از این رو شیمی آلی را شیمی ترکیب‌های کربن نیز می‌گویند. به این ترتیب، هیدروکربن‌ها نیز که تنها از کربن و هیدروژن ساخته شده‌اند، ترکیب‌های آلی به شمار می‌آیند. با مطالعه‌ی شیمی آلی و آشنا شدن با ویژگی‌های اتم کربن، درک ویژگی‌های نفت و فراورده‌های نفتی آسان‌تر خواهد شد.

آلی در اصل از یک واژه‌ی عربی به معنای دارای اندام گرفته شده است. این واژه را هم ارز واژه‌ی انگلیسی organic گرفته‌اند. داشتن اندام‌های مختلف برای انجام فعالیت‌های زیستی از ویژگی‌های همه‌ی موجودات زنده است.



اوره، نخستین ترکیب آلی بود که در سال ۱۸۲۸ توسط فردریش ولر، شیمیدان آلمانی، از مواد معدنی در آزمایشگاه ساخته شد. از اوره به عنوان کود شیمیایی در افزایش تولید فراورده‌های کشاورزی استفاده می‌شود.

ویژگی بی‌همتای اتم کربن

می‌دانید که هیدروکربن‌ها، تنها از کربن و هیدروژن ساخته شده‌اند. درواقع، هیدروکربن‌ها ترکیب‌هایی هستند که در آن‌ها اتم‌های کربن و اتم‌های هیدروژن توسط پیوندهای کووالانسی به یک‌دیگر متصل شده‌اند.

جدول ۱ فرمول ساختاری چند هیدروکربن را نشان می‌دهد. با دقت به ساختار هر هیدروکربن نگاه کنید. سپس ستون‌های این جدول را تا ردیف پنجم کامل کنید.

فرمول ساختاری به فرمولی می‌گویند که در آن افزون بر نوع و تعداد اتم‌ها، شیوه‌ی اتصال اتم‌ها به یک‌دیگر نیز نشان داده می‌شود.

با توجه به جدول صفحه روبه‌رو به‌ترتیب به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱ـ هر اتم کربن چند پیوند شیمیایی تشکیل داده است؟

۲ـ هر اتم کربن با پیوندهای خود به چند اتم متصل شده است؟

۳ـ هر اتم کربن با چه اتم‌هایی پیوند شیمیایی تشکیل داده است؟

۴ـ به‌نظر شما، پیوند شیمیایی اتم کربن با کدام اتم ـ کربن یا هیدروژن ـ امکان تشکیل همه‌ی این مولکول‌ها را فراهم کرده است؟

۵ـ آیا می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که: «توانایی اتم کربن برای تشکیل پیوند با خودش، امکان تشکیل این زنجیرهای کوتاه و بلند مولکولی را فراهم کرده است»؟ توضیح دهید.

۶ـ با توجه به فرمول مولکولی داده شده در ردیف شش، و خانه‌های پرشده‌ی ردیف‌های بالای جدول، خانه‌های دیگر این ردیف را از چپ به راست کامل کنید.

۷ـ بین هر مولکول و مولکول پیش یا پس از آن چه تفاوتی در تعداد اتم‌های سازنده وجود دارد؟

۸ ـ آیا می‌توان فرمول مولکولی همه‌ی این هیدروکربن‌ها را به صورت C_nH_{2n+2} نشان داد؟ (n تعداد اتم‌های کربن است) امتحان کنید.

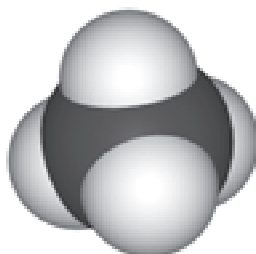
۹ـ فرمول مولکولی هیدروکربنی با ۸ اتم کربن چیست؟

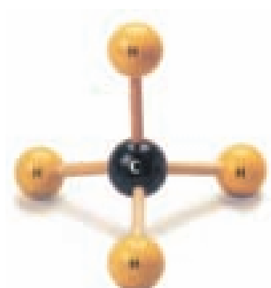
جدول۱ فرمول ساختاری شماری از هیدروکربن‌ها

ردیف	فرمول ساختاری هیدروکربن	تعداد اتم‌های کربن	تعداد اتم‌های هیدروژن	فرمول مولکولی هیدروکربن
۱	H | H–C–H | H			CH_4
۲	H H | | H–C–C–H | | H H			
۳	H H H | | | H–C–C–C–H | | | H H H			
۴	H H H H | | | | H–C–C–C–C–H | | | | H H H H			
۵	H H H H H | | | | | H–C–C–C–C–C–H | | | | | H H H H H			
۶				C_6H_{14}

هیدروکربن‌های سیر شده

متان، ساده‌ترین هیدروکربن شناخته شده است. شکل ۶ این مولکول را با مدل گلوله و میله و مدل فضا پرکن نشان می‌دهد. اگرچه مولکول‌های واقعی بیش‌تر به مدل فضا پرکن شباهت دارند، با این حال مدل گلوله و میله برای درک ساختار مولکول‌ها سودمندتر است.


(ب)


(آ)

شکل۶ مولکول متان؛ آ) مدل گلوله و میله، ب) مدل فضا پرکن



متان، نخستین عضو از یک خانواده‌ی بزرگ موسوم به **آلکان‌ها** است. در یک آلکان، هر اتم کربن با چهار پیوند به چهار اتم دیگر، متصل شده است. این، بیش‌ترین تعداد اتمی است که می‌تواند به اتم کربن متصل شود. به این علت آلکان‌ها را **هیدروکربن‌های سیر شده** می‌گویند. در جدول ۲ ده عضو نخست از این خانواده معرفی شده‌اند. نام اعضای این خانواده از دو بخش تشکیل شده است. بخش اول تعداد اتم‌های کربن را مشخص می‌کند و بخش دوم لفظ **ان** است که نشان خانوادگی آلکان‌هاست. برای نمونه، آلکانی که پنج اتم کربن دارد، C_5H_{12}، پِنتان نامیده می‌شود.

پارافین نام دیگر خانواده‌ی آلکان‌ها است. ماده‌ای که به‌عنوان پارافین مایع یا شمع می‌شناسید، هریک مخلوطی از چندین آلکان است. برای مثال، شمع که جامد شفاف سفیدرنگ، بی‌بو و بی‌مزه‌ای است، مخلوطی از آلکان‌های جامد بلند زنجیری است که بیش از ۳۰ اتم کربن دارند، مانند $C_{36}H_{74}$.

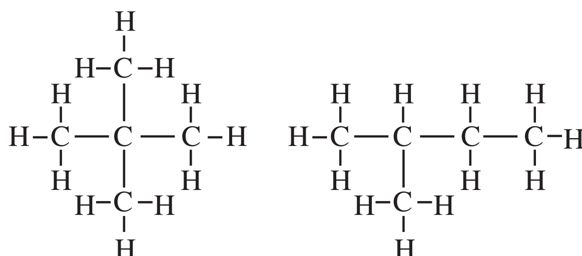


جدول ۲ فهرست ده عضو نخست از خانواده‌ی آلکان‌های راست زنجیر

نام	تعداد اتم‌های کربن	فرمول مولکولی	فرمول ساختاری کوتاه شده
مِتان	۱	CH_4	CH_4
اِتان	۲	C_2H_6	CH_3CH_3
پروپان	۳	C_3H_8	$CH_3CH_2CH_3$
بوتان	۴	C_4H_{10}	$CH_3CH_2CH_2CH_3$
پِنتان	۵	C_5H_{12}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$
هِگزان	۶	C_6H_{14}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
هِپتان	۷	C_7H_{16}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
اوکتان	۸	C_8H_{18}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
نونان	۹	C_9H_{20}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
دِکان	۱۰	$C_{10}H_{22}$	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$

آلکان‌هایی را که تا این جا بررسی کردیم، آلکان‌های **راست زنجیر** می‌نامند. در این آلکان‌ها، هر اتم کربن به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل است. آرایش‌های دیگری نیز برای اتم‌های کربن امکان‌پذیر است. آلکان‌هایی را که در آن‌ها یک یا چند اتم کربن با سه یا چهار اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، **آلکان‌های شاخه‌دار** می‌نامند.

برای نمونه به فرمول ساختاری آلکان‌های زیر توجه کنید.



فکر کنید

با توجه به فرمول‌های ساختاری بالا:

۱ـ اتم‌های کربنی را که به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل هستند به ترتیب با گذاشتن علامت ✓ یا × روی نماد شیمیایی آن‌ها، مشخص کنید.

۲ـ فرمول مولکولی این دو مولکول را بنویسید.

مولکول‌هایی را که فرمول مولکولی یکسان دارند، اما آرایش اتم‌ها در آن‌ها متفاوت است (فرمول‌های ساختاری متفاوتی دارند) **هم‌پار** یا **ایزومر** می‌نامند. درواقع آلکان‌هایی که چهار یا تعداد بیش‌تری اتم کربن داشته باشند، بیش از یک فرمول ساختاری دارند.

همان‌طور که انتظار می‌رود، با زیاد شدن تعداد اتم‌های کربن، به تعداد هم‌پارها افزوده می‌شود. برای نمونه، شیمیدان‌ها برای پِنتان، C_5H_{12}، سه هم‌پار شناسایی کرده‌اند. فرمول‌های ساختاری هم‌پارهای پِنتان در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳ هم‌پارهای پِنتان (C_5H_{12})

فرمول ساختاری	نقطه‌ی جوش ($^\circ C$)
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	۳۶
$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$	۲۸
$CH_3-C(CH_3)_2-CH_3$	۹/۵

همان‌طور که دیده می‌شود هر هم‌پار یک جسم مستقل است و ویژگی‌های فیزیکی خاص خود را دارد. وجود تفاوت در نقطه‌ی جوشِ این هم‌پارها، گواهی بر این مدعا است.

برخی از ویژگی‌های مهم آلکان‌ها

همه‌ی آلکان‌ها ویژگی‌های تقریباً مشابهی دارند. برخی از خواص و روند تغییر آن‌ها در میان اعضای خانواده‌ی آلکان‌ها، به این شرح است.

* همه‌ی آلکان‌ها، گازها، مایع‌ها یا جامدهایی بی‌رنگ هستند.
* نقطه‌ی ذوب و جوش آن‌ها با افزایش تعداد اتم‌های کربن (افزایش جرم مولی) زیاد می‌شود.

گرانروی یک مایع، میزان عدم تمایل آن را برای جاری‌شدن معین می‌کند.



فکر کنید

کدام یک از آلکان‌های راست زنجیر زیر زودتر ذوب می‌شود؟



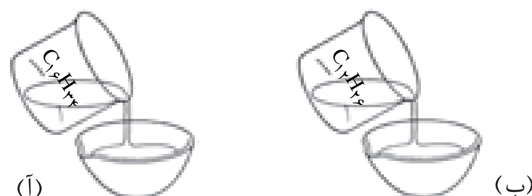
$C_{45}H_{92}$ یا $C_{32}H_{66}$

* گرانروی آلکان‌های مایع با افزایش تعداد اتم‌های کربن (افزایش جرم مولی) بیش‌تر می‌شود.



فکر کنید

کدام آلکان سریع‌تر از لیوان بیرون می‌ریزد؟



* همه‌ی آلکان‌ها، به‌ویژه آلکان‌های با مولکول‌های کوچک‌تر در هوا با شعله‌ی آبی ـ زرد تمیزی (بدون تولید دوده) می‌سوزند. آلکان‌ها بر اثر سوختن، همراه با تولید مقدار قابل‌توجهی انرژی به‌صورت نور و گرما، به آب و کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شوند، شکل ۷.

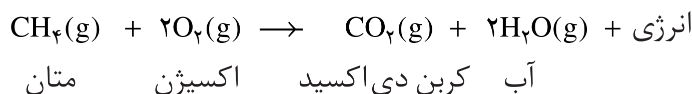


شکل ۷ گاز طبیعی که به‌طور عمده از متان تشکیل شده است، با شعله‌ی آبی به نسبت تمیزی می‌سوزد. آیا می‌توانید با آزمایش ساده‌ای تشکیل آب را به هنگام سوختن متان ثابت کنید.

گاز طبیعی مخلوطی از چند گاز است. ۸۰ تا ۹۰ درصد گاز طبیعی ایران را متان و بقیه را گازهای اتان، پروپان و بوتان تشکیل می‌دهند.

سوختن هیدروکربن‌ها

می‌دانید که انرژی لازم برای گرم کردن، غذا پختن و حمل و نقل با سوزاندن سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود. هنگامی که این سوخت‌ها را در هوا یا در اکسیژن بسوزانیم، هیدروکربن‌های سازنده‌ی آن‌ها می‌سوزند و انرژی آزاد می‌کنند. از آن‌جا که هیدروکربن‌ها دارای کربن و هیدروژن هستند، از سوزاندن آن‌ها کربن دی‌اکسید و آب و البته مقدار قابل‌توجهی انرژی به‌دست می‌آید. برای نمونه، معادله‌ی شیمیایی سوختن متان به‌صورت زیر نوشته می‌شود:



$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) + \text{انرژی}$$

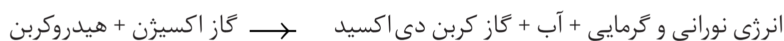
متان — اکسیژن — کربن دی‌اکسید — آب

این معادله‌ی شیمیایی نمایانگر یک **سوختن کامل** است. در این نوع سوختن، کربن دی‌اکسید و آب، تنها فراورده‌های واکنش به‌شمار می‌آیند. اگر، مقدار اکسیژن کافی نباشد، سوختن کامل نخواهد بود.

در **سوختن ناقص**، افزون بر کربن دی‌اکسید و آب، مقداری کربن مونواکسید (CO) نیز تشکیل می‌شود. اگر مقدار اکسیژنی که در دسترس متان قرار می‌گیرد باز هم کم‌تر

کربن مونوکسید گازی سمی است و برای ترکیب شدن با هموگلوبین خون با اکسیژن رقابت می‌کند. هنگامی که کربن مونوکسید با هموگلوبین ترکیب می‌شود، آن را از کار می‌اندازد و به این ترتیب دشواری‌های تنفسی به‌وجود می‌آورد. در تماس قرارگرفتن با کربن مونوکسید به مدت طولانی موجب خستگی، سردرد و حتی مرگ می‌شود. در دود سیگار نیز کربن مونوکسید با غلظت نسبتاً زیاد وجود دارد.

شود، مقداری دوده به‌عنوان فراورده‌ی فرعی تولید می‌شود. بنابراین، تنها هنگامی که گاز اکسیژن زیاد باشد و سوختن به‌صورت کامل انجام شود، سوختن یک هیدروکربن را می‌توان با معادله‌ی شیمیایی زیر نشان داد:



دوده، شکلی از کربن است که به‌صورت گرد بسیار نرمی درهنگام سوختن ناقص سوخت‌ها یا از تجزیه‌ی گرمایی گاز طبیعی یا نفت خام تولید می‌شود. از دوده برای تولید رنگ و جوهر خودکار، بارور کردن ابرهای باران‌زا و از همه مهم‌تر در صنعت لاستیک‌سازی استفاده می‌کنند. شرکت دوده‌ی صنعتی پارس که در ۱۱۰ کیلومتری جنوب تهران قرار دارد از جمله‌ی مهم‌ترین تولیدکنندگان دوده در کشور است.





در این معادله، انرژی به‌عنوان یکی از فراورده‌های واکنش درنظر گرفته شده است زیرا، انرژی هنگامی آزاد می‌شود که هیدروکربن بسوزد. مقدار انرژی آزاد شده را می‌توان برحسب کیلوژول(kJ) و برای یک گرم(g) یا یک مول(mol) از سوخت مورد استفاده، بیان کرد.

جدول ۴ گرمای سوختن یا انرژی آزاد شده به هنگام سوزاندن هیدروکربن‌ها را بر حسب (kJ/g) نشان می‌دهد. این داده‌ها برای محاسبه‌ی انرژی گرمایی آزاد شده به هنگام سوزاندن هر مقدار از هیدروکربن، سودمند هستند.

برای نمونه، ببینیم با سوزاندن ۱۲g اوکتان، $C_{۸}H_{۱۸}$، چه مقدار انرژی گرمایی آزاد می‌شود. جدول ۴ نشان می‌دهد که اگر یک گرم اوکتان را بسوزانیم، ۴۷/۸kJ انرژی آزاد می‌شود. سوزاندن ۱۲g اوکتان، ۱۲ برابر بیش‌تر، یعنی ۵۷۴kJ = ۱۲×۴۷/۸kJ انرژی گرمایی آزاد می‌کند.

جدول۴ گرمای سوختن بعضی از آلکان‌ها

هیدروکربن	فرمول	گرمای سوختن (kJ/g)	گرمای سوختن مولی (kJ/mol)
متان	$CH_{۴}$	۵۵/۶	۸۹۰
اتان	$C_{۲}H_{۶}$	۵۲/۰	۱۵۶۰
پروپان	$C_{۳}H_{۸}$	۵۰/۰	۲۲۰۰
بوتان	$C_{۴}H_{۱۰}$	۴۹/۳	۲۸۵۹
پنتان	$C_{۵}H_{۱۲}$	۴۸/۸	۳۵۱۴
هگزان	$C_{۶}H_{۱۴}$	۴۸/۲	۴۱۴۵
هپتان	$C_{۷}H_{۱۶}$	۴۸/۲	۴۸۲۰
اوکتان	$C_{۸}H_{۱۸}$	۴۷/۸	۵۴۵۰

بهبود کیفیت سوخت

هنگامی که استفاده از خودرو متداول شد، تقاضا برای بنزین به سرعت افزایش یافت. به‌طور معمول، برش بنزین حاصل از تقطیر نفت خام، تنها ۱۸ درصد از حجم هر بشکه نفت را تشکیل می‌دهد. درواقع، همه‌ی برش‌های هیدروکربنی به‌دست آمده از نفت، در یک زمان معین عرضه و تقاضای یکسان ندارند.

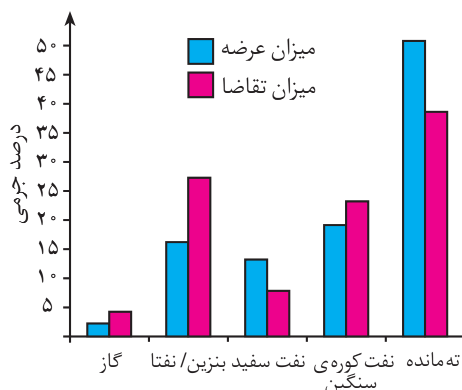
ممکن است بازار یک برش نفتی، کم‌اهمیت‌تر از برش نفتی دیگر باشد. برای نمونه، اختراع لامپ‌های برق موجب شد که مصرف نفت چراغ به سرعت کاهش یابد و اضافه بر



مصرف باقی بماند.(برش نفت چراغ از مولکول هایی با ۱۲ تا ۱۶ اتم کربن تشکیل شده است.)

فکر کنید

با توجه به شکل زیر، بگویید که میزان تولید کدام برش های نفتی در یک پالایشگاه، کم‌تر از مقدار مورد درخواست است؟



میزان عرضه و تقاضا برای برش های مختلف حاصل از پالایش نفت خام در یک پالایشگاه

شیمیدان ها و مهندس های شیمی برای ایجاد تغییر یا بهبود کیفی منابع شیمیایی موجود، مهارت یافته‌اند. آن ها با ایجاد تغییر در ساختار برخی از هیدروکربن های کم‌مصرف ترِ نفت، آن ها را به فراورده های سودمندتری تبدیل می کنند. درواقع، مانند آن‌چه بر سر نفت چراغ آمد، ماده‌ای را که خریدار کم‌تری دارد، به موادی که خریدار بیش‌تری دارد، تبدیل می کنند.

در سال ۱۹۱۳، شیمیدان ها فرایند کراکینگ را برای شکستن مولکول های نفت چراغ به مولکول های کوچک‌تر (در اندازه‌ی مولکول های بنزین) طراحی کردند. در این فرایند، نفت چراغ تا حدود $۷۰۰^{\circ}C$ گرم می‌شود. برای نمونه، ممکن است یک مولکول با ۱۶اتم کربن شکسته شود و دو مولکول با ۸ اتم کربن به‌وجود آید.



$$C_{۱۶}H_{۳۴}(g) \xrightarrow{۷۰۰^{\circ}C} C_{۸}H_{۱۶}(g) + C_{۸}H_{۱۸}(g)$$

در عمل می‌توان مولکول هایی را که از ۱ تا ۱۴ یا تعداد بیش‌تری اتم کربن دارند، از راه کراکینگِ مولکول های بزرگ‌تر به‌دست آورد. مولکول هایی که ۵ تا ۱۲ اتم کربن دارند برای استفاده در بنزین، سودمند هستند. در پالایشگاه، مقداری از مولکول های دارای ۱ تا ۴ اتم کربن را که در فرایند کراکینگ تشکیل می شوند، بی‌درنگ می سوزانند و به این ترتیب دمای بالای مورد نیاز برای اجرای فرایند کراکینگ را تأمین می کنند.

به‌طور معمول، بیش از یک سوم نفت خام کراکینگ می‌شود. بازده این فرایند را با

افزودن کاتالیزگرهای مناسب مانند آلومینیم اکسید (Al_2O_3) بالا برده‌اند. همان‌طور که می‌دانید کاتالیزگر سرعت واکنش شیمیایی (در این مورد فرایند کراکینگ) را افزایش می‌دهد اما خود مصرف نمی‌شود. فرایند کراکینگ کاتالیزی از نظر مصرف انرژی، کارآیی بهتری دارد، زیرا به جای ۷۰۰°C در دمای پایین‌تری (۵۰۰°C) انجام می‌شود.

بنزین با ویژگی‌ها و قیمت‌های متفاوت فروخته می‌شود. بنزینی که بیش‌تر از آلکان‌های راست زنجیر مانند هگزان (C_6H_{14})، هپتان (C_7H_{16}) و اوکتان (C_8H_{18}) تشکیل شده باشد، به‌آسانی می سوزد. این نوع سوختن سریع، موجب کوبش (تق‌تق کردن) موتور می‌شود و ممکن است آسیب‌هایی جدی به آن وارد کند.

آلکان‌های شاخه‌دار در موتور خودروها، بهتر از آلکان‌های راست زنجیر می‌سوزند. یکی از هم‌پارهای ساختاری اوکتان که ایزواوکتان نامیده می‌شود و در زیر نشان داده شده است، بسیار خوش‌سوز است.

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$$

هپتان

$$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$$

ایزواوکتان

مطابق قرارداد، کیفیت سوختی (میزان بهسوزی) این هیدروکربن را با عدد ۱۰۰ (موسوم به عدد اوکتان) نشان می‌دهند. کیفیت سوختی هپتان راست زنجیر (C_7H_{16}) بسیار پایین است و با عدد اوکتان صفر مشخص می‌شود. هنگامی که گفته می‌شود عدد اوکتان بنزینی ۹۰ است، یعنی کیفیت سوختن این بنزین با مخلوطی از ۹۰ درصد ایزواوکتان و ۱۰ درصد هپتان برابری می کند. درضمن هرچه عدد اوکتان بزرگ‌تر باشد، خواص ضدکوبش بنزین بیش‌تر است. عدد اوکتان بنزین‌های معمولی بین ۸۰ تا ۸۹ است، درحالی که عدد اوکتان بنزین‌های سوپر عدد اوکتانی بالای ۹۰ است.

یک راه نسبتاً ارزان برای بالا بردن عدد اوکتان بنزین، این است که یک ترکیب آلی سرب‌دار به‌نام تترااتیل سرب $(C_2H_5)_4Pb$ را به آن بیفزایند. این ترکیب سرعت سوختن مولکول‌های راست زنجیر بنزین را پایین می‌آورد و تقریباً سه عدد بر عدد اوکتان بنزین می‌افزاید، شکل ۸.

شکل ۸ از نوشته‌های روی این پمپ‌های بنزین چه اطلاعاتی می‌توان به‌دست آورد؟

متأسفانه سرب موجود در بنزین سرب‌دار، همراه با دیگر فراورده‌های حاصل از سوختن، از راه اگزوز خودروها به هوا وارد می‌شود و به علت اثرهای زیان‌آور سرب بر محیط زیست، در بیش‌تر کشورهای پیشرفته، دیگر از این افزودنی استفاده نمی‌شود.

سرب، فلزی سمی است و حتی مقادیر اندک آن بر سلول‌های مغزی کودکان اثر می‌گذارد و باعث بروز عقب‌ماندگی ذهنی در آن‌ها می‌شود.

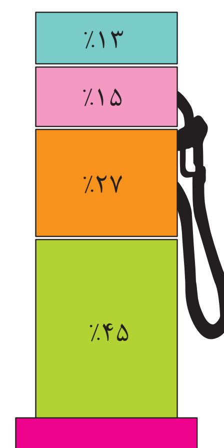
مالیات و آلودگی هوا!

شهروندان آمریکایی در ماه آوریل سال ۲۰۰۰ میلادی هر لیتر بنزین معمولی بدون سرب را به مبلغ ۴۰/۰ سِنت خریداری می کردند. از این مبلغ ۱۸/۰ سنت(٪۴۵) به تهیه‌ی نفت خام، ۶/۰ سِنت (٪۱۵) به هزینه‌ها و سود پالایشگاه‌ها و ۵/۲ سِنت (٪۱۳) به هزینه‌ها و سود واحدهای حمل و نقل، پخش، نگاه‌داری و فروش اختصاص دارد. ۱۰/۸ سِنت (٪۲۷) باقی مانده (یعنی حدود ۲۷ درصد قیمت بنزین) نیز به‌عنوان مالیات به خزانه‌ی دولت واریز می‌شود. شایان گفتن است که مالیات بر سوخت در ژاپن و برخی از کشورهای اروپایی، از ۵۰ درصد تا ۳۵۰ درصد متغیر است و شهروندان این کشورها ممکن است هر لیتر بنزین را با قیمت یک دلار نیز خریداری کنند.

این در حالی است که در همین تاریخ، هر لیتر بنزین معمولی بدون سرب در ایران ۳۸۵ ریال معادل با ۴/۵ سنت ($\frac{۱}{۹}$ قیمت بنزین در آمریکا!) به فروش می‌رسید.

در یک فعالیت گروهی تحقیق کنید که گرفتن چنین مالیات‌هایی برای بنزین و سوخت‌های فسیلی دیگر، چه تأثیری بر مسایل زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی کشور ما خواهد گذاشت؟

یافته‌های خود را در کلاس ارایه دهید؟



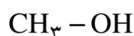
درصد سهم عوامل مختلف در قیمت بنزین در آمریکا.

بیش‌تر بدانید

با محدود شدن مصرف بنزین‌های سرب‌دار، افزودن ترکیب‌های دیگری که عدد اوکتان بنزین را بالا می‌برند، روزبه‌روز اهمیت بیش‌تری پیدا کرده است. در حال‌حاضر، گروهی از افزودنی‌ها، موسوم به **سوخت‌های اکسیژن‌دار**، به بنزین افزوده می‌شوند تا عدد اوکتان آن را بالا ببرند. این افزودنی‌ها از مولکول‌هایی تشکیل شده‌اند که افزون بر کربن و هیدروژن، اکسیژن نیز دارند. سوخت‌های اکسیژن‌دار، نسبت به بنزین‌های هیدروکربنی معمولی، انرژی کم‌تری آزاد می‌کنند. با وجود این، تقاضا برای آن‌ها زیاد است. زیرا، این افزودنی‌ها هم عدد اوکتان بنزین را بالا می‌برند و هم گازهای آلوده‌کننده‌ی خروجی از اگزوز خودرو را کاهش می‌دهند. دو سوخت اکسیژن‌دار متداول، اتانول و متانول هستند.



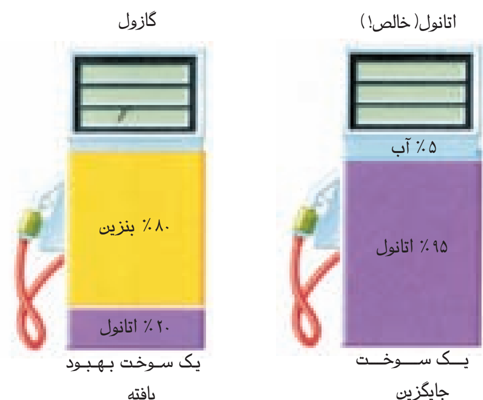
اتانول
(اتیل الکل)



متانول
(متیل الکل)

امروزه، خودروهایی طراحی شده است که در مصرف سوخت انعطاف‌پذیرند، یعنی می‌توانند با متانول، بنزین بدون سرب یا مخلوطی از این دو کار کنند. این خودروها در بسیاری از کشورها به‌خدمت

گرفته شده‌اند. مخلوطی از اتانول با آب (سوخت اتانول) یا مخلوطی از ۲۰ درصد الکل و ۸۰ درصد بنزین (گازول) را می‌توان بدون روبه‌رو شدن با کوچک‌ترین مشکل در همه‌ی خودروهای جدید، مصرف کرد.





یک پمپ بنزین در برزیل. صاحب این خودرو در حال پرکردن باک خودروی خود با اتانول است!
امروزه در برزیل بیش از ۱۲ میلیون خودرو از این سوخت استفاده می‌کنند.

تحقیق کنید چرا کشور برزیل بزرگ‌ترین پروژه‌ی جهانی برای یافتن جایگزین بنزین را آن‌هم از سال ۱۹۷۵ به اجرا گذاشته است؟ درضمن، چرا از میان سوخت‌های اکسیژن‌دار، اتانول را برای این‌کار برگزیده است؟



ساخت مواد سودمند

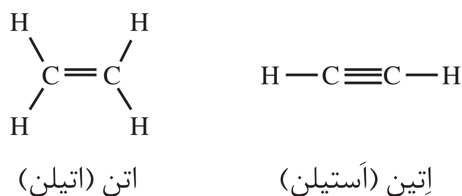
درست، همان‌گونه که یک مهندس ساختمان طرح یک ساختمان را می‌ریزد و از مصالح ساختمانی قابل دسترس آن را می‌سازد، یک شیمیدان یا به تعبیری یک مهندس مولکول‌ها نیز، مولکول‌های تازه‌ای طراحی می‌کند و آن‌ها را با بهره‌گیری از مولکول‌های قابل دسترس، می‌سازد. بنابراین، همان‌طور که یک مهندس ساختمان باید اطلاعاتی درباره‌ی ساختار و خواص مصالح ساختمانی متداول داشته باشد، یک شیمیدان هم باید ساختار و خواص مواد اولیه، یعنی *مولکول‌های سازنده* را بشناسد و به کمک آن‌ها مولکول‌های جدید و فراورده‌های مورد نظر خود را بسازد. بد نیست که اندکی با ساختار مولکولی برخی از هیدروکربن‌ها و ساختار برخی از فراورده‌هایی که شیمیدان‌ها از آن‌ها می‌سازند، آشنا شوید.



فراتر از آلکان‌ها

می‌دانید که اتم کربن، سنگ بنای همه‌ی ترکیب‌های آلی است. زیرا، می‌تواند با اتم‌های کربن و اتم‌های دیگر پیوند کووالانسی تشکیل دهد و مولکول‌هایی به شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون به‌وجود آورد. برای مثال، در مولکول برخی از هیدروکربن‌ها، حداقل دو اتم کربن می‌توان یافت که به‌جای چهار اتم، تنها با سه یا دو اتم دیگر پیوند دارد. این نوع هیدروکربن‌ها را **سیر نشده** می‌نامند. زیرا، در آن‌ها همه‌ی اتم‌های کربن با حداکثر ظرفیت خود که چهار است، به چهار اتم دیگر متصل نشده‌اند.

آلکِن و **آلکین** نام دو خانواده‌ی بزرگ دیگر از هیدروکربن‌ها هستند که به علت وجود این نوع اتم‌های کربن جزو هیدروکربن‌های سیر نشده به‌شمار می‌آیند. **اِتن** ساده‌ترین عضو از خانواده‌ی آلکن‌ها، و **اِتین** ساده‌ترین عضو از خانواده‌ی آلکین‌ها است.



اِتن (اِتیلن) اِتین (اَستیلن)



اِتین که پیش‌تر استیلن خوانده می‌شد، همان گازی است که در جوشکاری و برشکاری به‌کار می‌رود.

همان‌طور که در ساختار اِتن و اِتین دیده می‌شود، بین اتم‌های کربن به‌جای یک پیوند به‌ترتیب دو و سه پیوند کووالانسی وجود دارد. بنابراین، ترکیب‌های کربن‌داری را که چنین پیوندهایی در آن‌ها باشد، **سیر نشده** می‌گویند.

واکنش‌پذیری شیمیایی هیدروکربن‌های سیر نشده خیلی بیش‌تر از واکنش‌پذیری آلکان‌هاست. زیرا، همه‌ی اتم‌های کربن سیر نشده‌ی آن‌ها تمایل دارند تا از حداکثر ظرفیت خود برای پیوند با اتم‌های دیگر استفاده کنند. از این ویژگی آلکن‌ها و آلکین‌ها می‌توان استفاده کرد و از طریق واکنش دادن آن‌ها با برخی مواد دیگر، ترکیب‌های آلی سودمندتری ساخت.

مولکول‌های سازنده‌ی دیگر

همه‌ی مولکول‌های سازنده، هیدروکربن نیستند. برخی از مولکول‌های سازنده، ممکن است یک یا چند عنصر دیگر، مانند اکسیژن، نیتروژن، کلر یا گوگرد نیز داشته باشند. بسیاری از این ترکیب‌ها را می‌توان به‌عنوان مشتق هیدروکربن‌ها در نظر گرفت، یعنی هیدروکربن‌هایی که یک یا چند اتم هیدروژن آن‌ها با عنصرهای دیگری جانشین شده است.

وارد کردن عنصرهای دیگری در ساختار هیدروکربن‌ها، موجب می‌شود که واکنش‌پذیری شیمیایی مولکول‌ها به شدت تغییر کند.

فراورده‌های پتروشیمیایی

در کم‌تر از ۱۵۰ سال پیش، تمام اشیای مورد استفاده‌ی انسان، به‌طور مستقیم از

موادی مانند چوب، سنگ، انواع فلزها، شیشه یا خاک رس ساخته می‌شد. الیاف مورد استفاده در آن زمان، پنبه، پشم، کتان و ابریشم بود. تمام داروها و افزودنی‌های غذایی (چاشنی) از منابع طبیعی به‌دست می‌آمد.

امروزه بسیاری از اشیا و مواد متداول، ساختنی هستند و به‌وسیله‌ی صنایع شیمیایی از نفت یا گاز طبیعی به‌دست می‌آیند. این ترکیب‌ها را **فراورده‌های پتروشیمیایی** می‌نامند.

پتروشیمی = پترو + شیمی

*پترو کوتاه‌شده‌ی واژه‌ی لاتین پترولیوم به معنای روغن سنگ است. چون برخی نفت را روغنی می‌پنداشتند که از سنگ به‌دست می‌آید، از این رو آن را **پترولیوم** نامیدند. بنابراین، پتروشیمی را می‌توان مطالعه و تولید فراورده‌هایی دانست که از نفت و فراورده‌های نفتی به‌دست می‌آیند.*

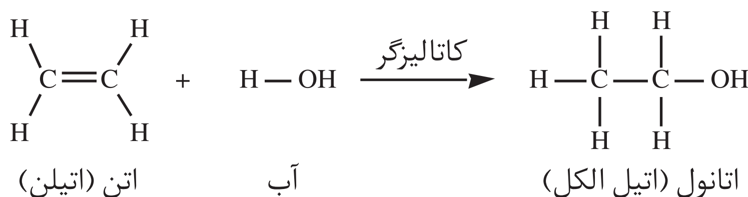
برخی از مواد پتروشیمیایی مانند پاک کننده‌ها، حشره کش‌ها، مواد دارویی و آرایشی به‌طور مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما، بیش‌تر این مواد به‌عنوان ماده‌ی اولیه (یا واسطه) در تولید ترکیب‌های دیگر به‌ویژه پلاستیک‌ها به کار می‌روند.

از پلاستیک‌ها برای تولید رنگ، پارچه، لاستیک، مواد عایق، چسب، مواد قالب‌گیری و مصالح ساختمانی استفاده می‌شود. تولید جهانی پلاستیک‌های ساخته شده از نفت پنج برابر بیش‌تر از فراورده‌های ساخته شده از آلومینیم است. بیش از یک سوم تمام الیاف و ۷۰ درصد لاستیک جهان از مواد پتروشیمیایی ساخته می‌شوند. راستی مواد اولیه‌ی مناسب برای ساخت مواد پتروشیمیایی چیست؟ آلکان‌ها، به‌جز قابلیت سوختن، واکنش‌پذیری کمی از خود نشان می‌دهند. از این رو، ترکیب‌های معدودی را می‌توان به‌طور مستقیم از آن‌ها تهیه کرد.

برعکس، هیدروکربن‌های سیر نشده به‌ویژه آلکن‌ها، مولکول‌های سازنده‌ی پراهمیتی به‌شمار می‌آیند. یکی از آلکن‌های مهم صنعتی اتن (اتیلن) است. برای ساخت هزارها ماده‌ی شیمیایی، از واکنش مولکول‌های سازنده با یک‌دیگر یا با مولکول‌های دیگر استفاده می‌کنیم. کتاب‌های بسیاری لازم است تا بتوان همه ی واکنش‌های مولکول‌های سازنده را معرفی کرد. از این رو، تنها با چند مولکول سازنده، یعنی اتن، اتانول و مواد مرتبط با اتن، آشنا خواهیم شد. واکنش‌پذیری پیوند دوگانه در اتن (اتیلن) بسیار زیاد است. از این رو، به‌آسانی می‌توان آن را به بسیاری از فراورده‌های سودمند تبدیل کرد. برای مثال، وقتی یک مولکول آب با پیوند دوگانه‌ی یک مولکول اِتن واکنش می‌دهد، اتانول (اتیل الکل) تشکیل می‌شود.



مجتمع پتروشیمی شیراز نخستین واحد پتروشیمی ایران است که در سال ۱۳۴۲ کار خود را با تولید کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار آغاز کرد. امروزه در این مجتمع صنعتی، فراورده‌های گوناگونی چون آمونیاک، اوره، آمونیوم نیترات، نیتریک اسید، هیدروکلریک اسید، سدیم هیدروژن کربنات و متانول تولید می‌شود.



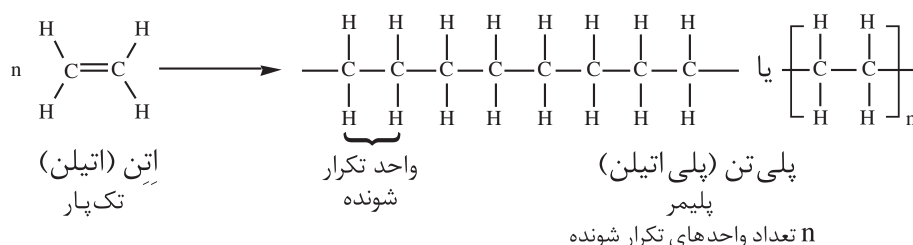
$$H_2C=CH_2 + H-OH \xrightarrow{\text{کاتالیزگر}} H-CH_2-CH_2-OH$$

در این واکنش، مولکول آب به اتم‌های کربن پیوند دوگانه ـ H به یک کربن و OH به کربن دیگر ـ *افزوده* می‌شود و ترکیب سیر شده‌ای را به‌وجود می‌آورد. اتانول به مقدار زیاد به‌عنوان حلال در روغن‌های جلا و عطرها، در تهیه‌ی بسیاری از اسانس‌ها و مواد دارویی استفاده می‌شود.

پلی‌تن (پلی اتیلن)، که به‌طور متداول در ساخت کیسه‌های پلاستیکی و ورقه‌های



بسته بندی مصرف می‌شود، یکی از بسپارهای مهم صنعتی است، شکل ۹. **بَسپار** یا **پلیمر** مولکول بزرگی است که از به‌هم پیوستن دست کم ۱۰۰ تا چندهزار مونومر یا تک‌پار به‌وجود می‌آید. در تولید پلی‌تن مولکول اتن (اتیلن) به عنوان تک‌پار استفاده می‌شود. واکنش شیمیایی تولید پلی‌تن را می‌توان به‌صورت ساده‌ی زیر نمایش داد:

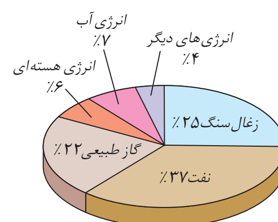




شکل۹ واحد تولید پلی‌تن در مجتمع پتروشیمی بندر امام. این مجتمع صنعتی که در سال ۱۳۶۸ تأسیس شده است، گاز مایع و پی وی سی نیز تولید می‌کند.

جایگزین‌های نفت

گفتیم که نفت یک منبع تجدیدناپذیر است، بنابراین اگر آن را مصرف کنیم، چیزی جای خالی آن را پر نمی‌کند. به درستی نمی‌توانیم پیش‌بینی کنیم که ذخایر نفتی تا چه زمانی دوام خواهند داشت و میزان تقاضا برای نفت در آینده چه مقدار خواهد بود. خوشبختانه، از مدت‌ها پیش، شیمیدان‌ها در جست‌وجوی جایگزین‌هایی برای نفت ـ هم برای سوزاندن و هم برای ساختن ـ بوده‌اند.



مصرف جهانی انرژی مطابق آمار سال ۱۹۹۸.

جایگزین نفت برای سوزاندن

یکی از جایگزین‌های احتمالی نفت، تولید سوخت مایع از زغال‌سنگ است. آلمان از

دهه‌ی ۱۹۴۰ میلادی از این فناوری بهره‌مند بوده است. در حال حاضر، هزینه‌ی استخراج زغال‌سنگ از معدن و تبدیل آن به سوخت مایع خیلی بیش‌تر از هزینه‌ی تولید همین مقدار سوخت از نفت است. اما، این امکان نیز وجود دارد که با افزایش بهای نفت، تولید سوخت مایع از زغال‌سنگ سودآور شود.

زغال سنگ فراوان‌ترین سوخت فسیلی در جهان است.

برای گسترش عمر سودمند نفت، به‌عنوان منبع انرژی، چند راه وجود دارد. بدون آن که ضرورت داشته باشد روش زندگی خود را به‌طور جدی تغییر دهیم. می‌توان ساختمان‌ها و ماشین‌هایی ساخت که بهره‌وری انرژی در آن‌ها بیش‌تر باشد و نیاز ما را به نفت کم‌تر کند.

*CNG کوتاه شده‌ی عبارت **C**ondensed **N**atural **G**as به معنای گاز طبیعی فشرده است.*

خودروهایی را که با بنزین کار می‌کنند، می‌توان به خودروهایی تبدیل کرد که با دو نوع سوخت، یعنی بنزین و گاز طبیعی کار کنند. گاز طبیعی را که بیش‌تر از متان، CH_4، تشکیل شده است می‌توان به‌صورت فشرده در مخزن‌های ویژه‌ای انبار کرد. این فراورده را اغلب با نام CNG به فروش می‌رسانند. مخزن‌های CNG را که قابل پر شدن دوباره هستند، می‌توان در بدنه‌ی خودرو جاسازی کرد. هریک از این مخزن‌ها می‌تواند سوخت یک خودروی معمولی را برای مسافت ۴۰۰ کیلومتر تأمین کند. استفاده از سوخت تمیزی هم‌چون گاز طبیعی، یکی از راه‌حل‌های گسترش عمر مفید منابع نفتی جهان است. گفتنی است که منابع مهم دیگری که منشأ فسیلی ندارند، نیز برای تأمین انرژی مورد مطالعه و در برخی موارد مورد استفاده قرار گرفته‌اند. انرژی هسته‌ای، انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی موج‌های دریا و انرژی زمین گرمایی از این جمله‌اند. ویژگی مهم همه‌ی این منابع، این است که انرژی الکتریکی را به‌طور مستقیم تولید می‌کنند. در واقع، این منابع، هیچ‌گونه کربن دی‌اکسیدی به هوا وارد نمی‌کنند. بنابراین، برخلاف همه‌ی سوخت‌های فسیلی، می‌توان آن‌ها را منابع تمیزی برای تولید انرژی دانست.

به منابع انرژی تجدیدپذیر نیروی سبز می‌گویند.

گاز هیدروژن جایگزینی برای نفت

گاز هیدروژن فراوان‌ترین عنصر در جهان است که به‌صورت ترکیب‌های مختلف یافت می‌شود. این گاز مانند سوخت‌های فسیلی می‌تواند با اکسیژن بسوزد و گرما تولید کند. از سوختن ۱ گرم از این گاز در مقایسه با سوختن همین مقدار بنزین، زغال‌سنگ و گاز طبیعی گرمای بیش‌تری آزاد می‌شود. هم‌چنین از سوختن گاز هیدروژن هیچ نوع آلاینده‌ای تولید نمی‌شود، جدول ۵. درنتیجه هیدروژن نسبت به سوخت‌های فسیلی مزایایی دارد و می‌توان از آن به‌عنوان سوخت مناسب استفاده کرد.

اولین بار در سال ۱۸۳۹ میلادی ویلیام گرو سلول‌های سوختی را اختراع کرد، اما استفاده از این سلول‌ها با استقبال خوبی روبرو نشد تا اینکه در اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰ میلادی دانشمندان برای پرتاب سفینه‌های فضایی با یک مشکل جدی روبرو شدند. آن‌ها برای تأمین انرژی وسایل و قطعات الکترونیکی داخل سفینه نیاز به منبعی از انرژی داشتند که نیاز به شارژ کردن نداشته، سبک و قابل اطمینان باشد و پیوسته کار کند. جست‌وجو برای یافتن چنین منبعی، دوباره نگاه‌ها را متوجه سلول‌های سوختی کرد.

جدول ۵ فراورده‌ها و گرمای سوختن چند ماده سوختنی

سوخت	بنزین	زغال‌سنگ	هیدروژن	گاز طبیعی
گرمای آزاد شده (kJ/g)	۴۸	۳۰	۱۴۳	۵۴
فراورده‌های سوختن	CO, CO_2, H_2O	CO, CO_2, H_2O, SO_2	H_2O	CO, CO_2, H_2O



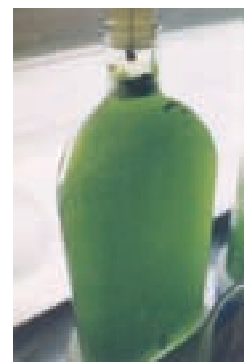
دانشمندان یک نوع باتری ساخته‌اند که با مصرف گازهای هیدروژن و اکسیژن برق تولید می کند. این نوع باتری به سلول سوختی معروف است و برای تأمین برق رایانه‌ها و موتورهای کوچک موجود در فضاپیماها و روشنایی آن‌ها به کار می رود. درحال حاضر خودروهایی ساخته شده‌اند که با سلول های سوختی کار می کنند. از این رو احتمال زیادی وجود دارد که کاربرد این نوع باتری ها گسترش بیابد و گاز هیدروژن نهایتاً بتواند جایگزین نفت برای سوختن شود، اما سرنوشت سلول های سوختی و میزان گسترش کاربرد آن‌ها به میزان سهولت و با صرفه بودن روش های تولید آن وابسته است.



رونمایی از چند خودروی ایرانی که با سلول سوختی کار می کنند، امید و انگیزه پژوهشگران جوان کشورمان را برای رسیدن به فناوری بومی و پیش‌رفته در زمینه سلول‌های سوختی دو چندان کرده است.

یکی از روش های تولید گاز هیدروژن تجزیه آب است. آب را می‌توان به کمک برق و انرژی خورشیدی تجزیه کرد، اما این روش ها به انرژی زیادی نیاز دارند و با صرفه نیستند. درنتیجه دانشمندان در جست‌وجوی یافتن روش های مناسب‌تر و باصرفه‌تری برای تولید هیدروژن هستند.

گفتنی است، با وجود این که گاز هیدروژن مزیت های زیادی دارد که بتواند به‌عنوان سوخت، جایگزین نفت شود اما معایب بزرگی هم دارد که برای برطرف کردن آن‌ها راه طولانی در پیش است و تلاش خستگی‌ناپذیر دانشمندان را می طلبد.



برخی از جلبک ها می‌توانند از آب، گاز هیدروژن تولید کنند.

شاید روزی فرا برسد که آب بتواند به‌عنوان یک منبع پایان‌ناپذیر برای تهیه هیدروژن و درنتیجه تولید برق به کار برود. نظر شما چیست؟

بیش تر بدانید

در برخی از کشورها، از چربی‌ها و روغن‌های گیاهی و حیوانی برای تولید سوخت استفاده می‌شود. البته این‌بار در پی جایگزینی برای گازوییل!

در انگلستان از دانه‌های گیاهی خودرو به نام **شَرشَم**، روغنی به‌دست می‌آید که از آن یک سوخت دیزل تهیه می‌شود . این سوخت بر اثر سوختن گاز گوگرد دی‌اکسید تولید نمی‌کند و مقدار دوده‌ی کم تری نیز دارد.

به این نوع سوخت‌ها، **زیستْ دیزل** می‌گویند.



گیاه شَرشَم. این گیاه خودرو به‌طور گسترده در انگلستان می‌روید. هم‌چنین در استان سیستان و بلوچستان (حومه‌ی خاش) نیز یافت می‌شود.



این اتوبوس به‌طور آزمایشی با زیست دیزل تولیدی از روغن گیاه شَرشَم به راه افتاده است.

فکر کنید

آیا کاغذ باطله و مقوا را می‌توان به‌عنوان سوخت در خانه مصرف کرد؟ به این پرسش پس از پرکردن جدول زیر پاسخ دهید.

ملاک‌های گزینش یک سوخت

ویژگی‌های سوخت مورد بررسی	بله	خیر	تاحدودی	ملاحظات
آیا به آسانی شعله‌ور می‌شود؟				
آیا پس از شعله‌ور شدن به سوختن ادامه می‌دهد؟				
آیا به‌طور طبیعی یافت می‌شود؟				
آیا دود فراوانی تولید می‌کند؟				
آیا بخارهای خطرناک ایجاد می‌کند؟				
آیا مقدار زیادی انرژی (گرمایی ـ نورانی) تولید می‌کند؟				
آیا پس از سوختن خاکستر به‌جای می‌گذارد؟				
آیا به‌سرعت می‌سوزد و تمام می‌شود؟				
آیا انبار کردن و حمل و نقل آن بی‌خطر است؟				
آیا گران‌قیمت است؟				
آیا به فراوانی در دسترس قرار دارد؟				
آیا می‌توان از آن در موارد دیگر استفاده کرد؟				

جایگزین نفت برای ساختن

به‌تدریج که منابع نفتی کاهش می‌یابند، مصرف نفت به‌عنوان سوخت به‌طور جدی محدودتر می‌شود. اما، به‌عنوان منبع مواد پتروشیمیایی هم‌چنان مورد استفاده خواهد بود. با وجود این، چون سرانجام روزی منابع نفتی به پایان خواهند رسید، باید در جست‌وجوی منابع جایگزین برای تولید مولکول‌های سازنده نیز بود.

استفاده از زغال‌سنگ به‌عنوان ماده‌ی خام اولیه ـ افزون بر نقش آن به‌عنوان سوخت ـ توجه زیادی را به خود جلب کرده است. زغال‌سنگ، بیش‌تر از کربن تشکیل شده است. در اصل، تمام ترکیب‌های کربن را که هم‌اکنون از نفت ساخته می‌شوند می‌توان با استفاده از واکنش‌های شیمیایی مناسب، از زغال‌سنگ، آب و هوا به‌دست آورد. اما، هزینه و زمان لازم برای یافتن معدن‌های تازه‌ی زغال‌سنگ و تأسیس کارخانه‌های مورد نیاز، مانع گذر سریع از نفت و توجه به زغال‌سنگ است. افزون بر این، هزینه‌ی تبدیل زغال‌سنگ (هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی) خیلی بیش‌تر از هزینه‌ی تبدیل نفت به مولکول‌های سازنده است. بنابراین، ساخت مولکول‌های سازنده از زغال‌سنگ پرهزینه‌تر از ساخت مولکول‌های سازنده از نفت خواهد بود. مگر آن که بهای نفت بیش‌تر از بهای کنونی آن باشد.

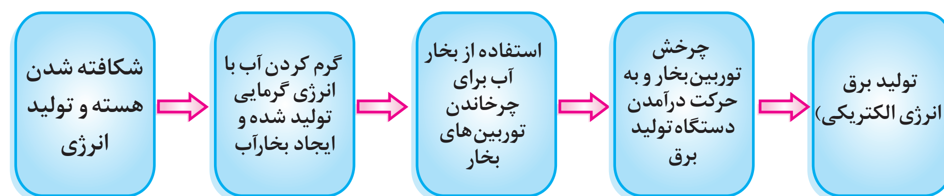


به هر حال در زمینه‌ی چگونگی استفاده از نفت برای سوزاندن و ساختن، با تصمیم‌گیری‌های دشواری روبه‌رو هستیم، اما شیمی همیشه راه‌هایی برای کمک به تصمیم‌گیری ما و تأمین نیازمندی‌های جامعه‌ی بشری ارایه کرده است. ضمن این که صرفه‌جویی در مصرف نفت، فرصت مناسبی برای یافتن و به بهره‌برداری رساندن جایگزین‌هایی برای نفت به عنوان ماده‌ای برای سوزاندن فراهم می‌کنند، اگر در مصرف نفت صرفه‌جویی کنیم هرگز ناگزیر نخواهیم شد روش زندگی خود را از بنیاد تغییر دهیم.

شما چه تصمیمی می‌گیرید؟

نیاز روزافزون جامعه‌ی جهانی به انرژی، دانشمندان را بر آن داشته است که پیوسته در پی یافتن منابع تجدیدپذیر و حتی تجدیدناپذیر تازه‌ای بگردند تا به کمک آن بتوان این نیاز سیری‌ناپذیر بشری را تأمین کرد. در میان منابع گوناگونی که تاکنون شناخته شده است انرژی هسته‌ای جایگاهی متفاوت دارد. درحال حاضر این منبع تجدیدناپذیر انرژی تقریباً حدود یازده درصد از نیازهای جهان به انرژی را تأمین می‌کند و انتظار می‌رود که در سال‌های آینده بر این میزان نیز افزوده شود. به بیانی ساده انرژی هسته‌ای را می‌توان انرژی حاصل از شکافته شدن هسته‌ی اتم‌های اورانیم دانست و تولید آن را به پنج مرحله به شرح زیر خلاصه کرد:

انرژی هسته‌ای حاصل از شکافت اورانیم یک انرژی تجدیدپذیر نیست. با بیرون کشیده شدن همه‌ی اورانیم درون زمین و استفاده از آن دیگر اورانیمی باقی نخواهد ماند.

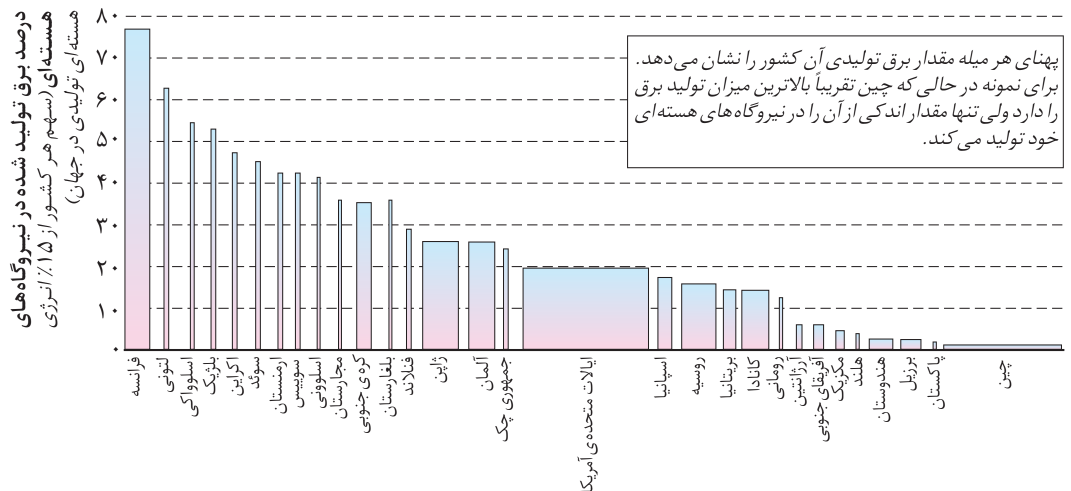


سوخت نیروگاه‌های هسته‌ای میله‌هایی است که از فلز اورانیم ساخته شده است. ویژگی برجسته‌ی انرژی هسته‌ای، تولید انرژی بسیار زیاد از مقدار اندکی سوخت است. سوختی که آلودگی رایج سوخت‌های فسیلی از جمله تولید گازهای گلخانه‌ای و ایجاد باران اسیدی را درپی ندارد. مقایسه‌ها نشان می‌دهد که مقدار انرژی حاصل از مصرف یک کیلوگرم اورانیم در نیروگاه‌های هسته‌ای را می‌توان از سوزاندن حدود یک تُن زغال‌سنگ به‌دست آورد. گفتنی است که از سوختن این مقدار زغال سنگ ده‌ها تُن گازهای سمی و گلخانه‌ای وارد هوا کره می‌شود.

استفاده از عبارت تولید انرژی در این بحث یک غلط رایج است که با قانون پایستگی انرژی مغایرت دارد. توجه داشته باشید که انرژی هسته‌ای از شکافته شدن هسته‌ی اتم‌های اورانیم آزاد می‌شود.

ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای ایمن بسیار پرهزینه است ولی پس از راه‌اندازی، تولید انرژی از این طریق هزینه‌ی کمی در بر خواهد داشت. برآوردها نشان می‌دهد، اگر قیمت اورانیم دو برابر شود یعنی ۱۰۰ درصد افزایش پیدا کند قیمت انرژی هسته‌ای تولیدی تنها هفت درصد رشد خواهد داشت.

اگر چه پسماند نیروگاه‌های هسته‌ای اندک است ولی موادی بسیار سمی و خطرناک به‌شمار می‌آیند. ایجاد این پسماندها از جمله عیب‌های تولید انرژی از این طریق است. دفع این پسماندها به تخصص، مهارت و صرف هزینه‌ی زیاد نیاز دارد. عدم استفاده از سازه‌های مناسب برای طراحی و ساخت نیروگاه‌های اتمی و بی‌توجهی به آثار زیان‌بار پسماندهایی که برجای می‌گذارد می‌تواند به بروز یک بحران انسانی و محیط زیستی ملی و حتی بین‌المللی بینجامد. زلزله و سونامی سال ۲۰۱۱ در ژاپن و تخریب نیروگاه اتمی فوکوشیما تازه‌ترین بحرانی است که وقوع آن هزینه‌ی تولید ایمن انرژی هسته‌ای را برای هر کشوری بالا می‌برد. شکل ۱۰ میزان تولید انرژی هسته‌ای کشورهایی را نشان می‌دهد که به این فناوری مهم دست یافته‌اند. با دقت به نمودار یاد شده نگاه کنید. در میان کشورهای تولید کننده‌ی انرژی هسته‌ای کدام کشور بیش‌ترین و کدام‌یک کم‌ترین میزان تولید انرژی را دارد؟ جایگاه کشورمان در این نمودار کجاست؟ از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ تصور کنید شما یکی از سیاستمداران کشور هستید. حال با توجه به نیاز روز افزون کشور به انرژی و اطلاعاتی که در مورد برتری‌ها و کاستی‌های انرژی هسته‌ای به‌دست آوردید، درباره‌ی تولید و مصرف این انرژی چه تصمیمی می‌گیرید؟ تصمیم خود را در کلاس به بحث بگذارید.



شکل ۱۰ مقایسه‌ی میزان تولید انرژی هسته‌ای کشورهای مختلف در سال ۲۰۰۷

برخی رزم‌ناوها و زیردریایی‌های نظامی از انرژی هسته‌ای برای به حرکت درآوردن موتورهای خود بهره می‌گیرند.





شیمی و دانشگاه

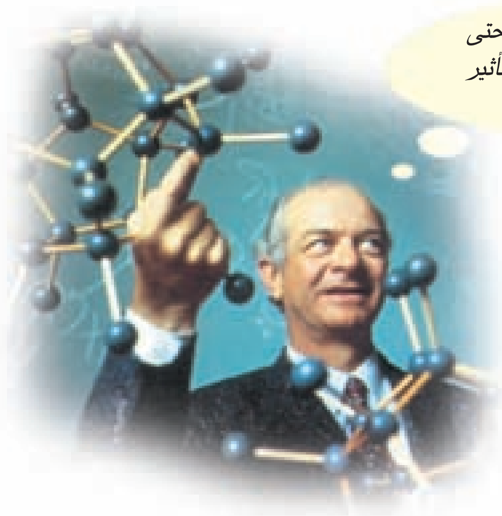


تحقیق کنید که چه رشته‌هایی در دانشگاه به مطالعه‌ی فرایند تولید نفت از اکتشاف، حفاری، استخراج تا پالایش می‌پردازند؟ کدام دانشگاه‌ها این رشته‌ها را دارند؟ و فارغ‌التحصیلان این رشته‌ها در آینده در چه بخش‌هایی می‌توانند به کار مشغول شوند؟

برخی بر این باورند که



لینوس کارل پولینگ(۱۹۹۴ـ ۱۹۰۱)، شیمیدان پر آوازه‌ی آمریکایی و برنده‌ی دو جایزه‌ی نوبل یکی در شیمی و دیگری در صلح ، بر این باور بود که:



این دیدگاه را درکلاس نقد کنید.

بیش تر بخوانید



۱ــ *مواد*، رضا شیرازی ، چاپ سوم ، ۱۳۷۵، انتشارات پیام آزادی.

۲ــ *شیمی روز* ، رضا شیرازی ، چاپ سوم ، ۱۳۷۵، انتشارات پیام آزادی.

۳ــ *طلای سیاه*، زهرا ارزانی، سیدمحمد اولایی، چاپ اول، ۱۳۸۱، انتشارات محراب قلم.

واژه نامه

آب سخت	hard water	۳۶	آبی که در آن به علت وجود ترکیب های حل شده ی کلسیم، منیزیم و آهن صابون به‌خوبی کف نمی کند.
آلکان	alkane	۱۲۴	نوعی از هیدروکربن های سیرشده که میل ترکیبی زیادی ندارند و به فراوانی در نفت خام یافت می‌شوند.
آلکان راست زنجیر	straight - chain alkane	۱۲۴	آلکان هایی که هر اتم کربن آن به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل است.
آلکان شاخه‌دار	branched alkane	۱۲۴	آلکان هایی که در آن ها یک یا چند اتم کربن با سه یا چهار اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد.
آلکن	alkene	۱۳۲	نوعی هیدروکربن سیر نشده که دو اتم کربن آن با دو پیوند کووالانسی به هم متصل شده‌اند.
آلکین	alkyne	۱۳۲	نوعی هیدروکربن سیر نشده که دو اتم کربن آن با سه پیوند کووالانسی به هم متصل شده‌اند.
آنیون	anion	۱۹	به یون هایی با بار الکتریکی منفی می گویند.
اتم گرم	gram - atom	۸۷	به جرم یک مول از اتم‌های یک عنصر برحسب گرم گفته می‌شود.
اثر گلخانه‌ای	greenhouse effect	۶۷	به جذب پرتوهای انرژی و باز تابش پرتوهای کم انرژی به وسیله ی مولکول های برخی گازهای موجود در هوا کره می گویند.
الکترون	electron	۱۵	ذره‌ی با بار الکتریکی منفی که پیرامون هسته‌ی اتم می چرخد.
انحلال پذیری	solubility	۲۲	بیش‌ترین مقدار ماده‌ای است که در یک دمای معین می‌تواند در ۱۰۰g آب حل شود.
اکسایش	oxidation	۶۲	واکنشی که در آن اکسیژن با یک عنصر ترکیب می‌شود.
اکسید	oxide	۶۲	به فراورده‌ی ترکیب اکسیژن با یک عنصر می گویند.
باران اسیدی	acid rain	۷۷	بارانی که با حل کردن گازهایی مانند گوگرد دی اکسید و اکسیدهای نیتروژن و ... موجود در هوا کره خاصیت اسیدی پیدا می کند.
باز به کاربردن	reuse	۱۰۰	استفاده‌ی دوباره یا چندباره از مواد یا وسایل
بازگردانی	recycling	۱۰۰	جمع‌آوری و نگاه‌داری مواد یا وسایل و بازفراوری آن ها

بازنگری کردن	revise	۹۹	اصلاح پیوسته‌ی عادت‌های فردی و اجتماعی در استفاده از مواد یا وسایل
باکتری هوازی	aerobic bacteria	۲۴	باکتری که برای ادامه‌ی زندگی به اکسیژنِ هوا نیازمند است.
بَسپار یا پلیمر	polymer	۱۳۴	مولکول بزرگی که از به هم پیوستن ۱۰۰ تا چند هزار تک پار به‌وجود می‌آید.
پالایش	refine	۱۱۸	فرایندی که در آن اجزای نفت خام را از یک‌دیگر جدا می‌کنند.
پروتون	proton	۱۵	ذره‌ی با بار الکتریکی مثبت که در هسته‌ی اتم جای دارد.
پیوند شیمیایی	chemical bond	۱۳	نیروی جاذبه‌ای قوی است که اتم‌ها یا یون‌ها را در کنار یک‌دیگر نگاه می‌دارد.
پیوند کووالانسی	covalent bond	۱۵	نوعی پیوند شیمیایی است که اتم‌ها را به یک‌دیگر متصل می‌کند و مولکول‌ها را به وجود می‌آورد.
پیوند یونی	ionic bond	۲۰	نوعی پیوند شیمیایی که یون‌های ناهم نام را کنار یک‌دیگر نگاه می‌دارد.
ترکیب	compound	۱۳	ماده‌ای که یون‌ها یا مولکول‌های سازنده‌ی آن از واکنش دو یا چند عنصر با نسبت مشخص تشکیل شده باشد.
تروپوسفر	troposphere	۴۹	بخشی از هواکره که در فاصله‌ی ۱۰ تا ۱۲ کیلومتری از سطح کره زمین قرار دارد .
تک پار	monomer	۱۳۴	مولکول ساده‌ای که از به‌هم پیوستن آن‌ها بَسپار (پلیمر) به وجود می‌آید.
تقطیر جزء به جزء	fractional distillation	۱۱۸	روشی برای جداسازی اجزای مخلوط چند مایعِ دارای نقطه‌ی جوش متفاوت است.
جایگزینی	replacement	۱۰۶	روشی برای افزایش عمر منابع تجدید ناپذیر از طریق یافتن یا ساختن موادی با ویژگی‌های مشابه منابع تجدیدناپذیر و به کارگیری آن‌ها در موارد مشابه است.
جدول تناوبی	periodictable	۹۱	آرایش عنصرهای شیمیایی به ترتیب افزایش عدد اتمی که در آن عنصرهای با خواص مشابه در یک ستون قرار گیرند و این تشابه در فواصل منظمی تکرار می‌شود.
جرم مولی	molar mass	۸۷	به جرم یک مول از مولکول‌ها یا اتم‌های یک ماده برحسب g/mol جرم مولی می‌گویند.
زیستْ تخریب پذیر	biodegradation	۲۴	موادی که در محیط زیست به کمک باکتری‌ها به مواد ساده‌تری تجزیه می‌شوند.
زیست گاز	biogas	۹۸	مخلوطی از گازهای متان و کربن دی‌اکسید که در اثر انجام فرایندهای زیست‌شیمیایی به کمک موجودات ذره‌بینی روی زباله‌ها ایجاد می‌شود.
سختی دایم	permanent hardness	۳۷	آبی که در آن مقدار زیادی یون‌های Ca^{2+} ، Mg^{2+} و Fe^{2+} وجود داشته باشد.
سختی موقت	temporary hardness	۳۶	به سختی ناشی از وجود کلسیم هیدروژن کربنات محلول در آب می‌گویند.
سوخت	fuel	۱۱۲	ماده‌ای سوختنی است که تنها به منظور تأمین انرژی سوزانده می‌شود.
سوخت فسیلی	fossil fuel	۱۱۳	موادی مانند زغال‌سنگ، نفت خام و گاز طبیعی که طی میلیون‌ها سال از تجزیه اجساد و بقایای جانوران و گیاهان مدفون شده در زمین به وجود آمده‌اند و امروزه به عنوان منبع تأمین انرژی به کار می‌روند.
سوختن	combustion	۶۲	واکنش اکسایشی که سریع روی می‌دهد و با ایجاد شعله و آزادکردن مقدار زیادی گرما، صوت و نور همراه است.

واژه	معادل انگلیسی	صفحه	تعریف
سوختن کامل	complete combustion	۱۲۶	سوختن یک هیدروکربن در حضور اکسیژن کافی که تنها کربن دی‌اکسید و آب تولید می‌کند.
سوختن ناقص	incomplete combustion	۱۲۶	سوختن یک هیدروکربن در حضور مقدار کمی اکسیژن که افزون بر کربن دی‌اکسید و آب، مقدار زیادی کربن مونواکسید نیز تولید می‌کند.
شبه فلز	metalloid	۹۰	عنصری که برخی از خواص آن شبیه فلزها و برخی دیگر شبیه نافلزهاست.
شیمی آلی	organic chemistry	۱۲۲	شاخه‌ای از شیمی که به مطالعه‌ی ترکیب‌های آلی می‌پردازد و به آن شیمی ترکیب‌های کربن نیز گفته می‌شود.
صفر مطلق	absolute zero	۵۷	صفر کلوین، پایین ترین دمایی که رسیدن به آن غیر ممکن است.
ظرفیت	valence	۱۶	تعداد پیوندهایی که یک اتم می‌تواند با اتم‌های دیگر تشکیل دهد.
ظرفیت گرمایی ویژه	specific heat capacity	۱۱	مقدار گرمایی است که دمای ۱g از یک جسم را ۱°C افزایش می‌دهد.
ضریب خطر	risk factor	۳۴	به نسبت مقدار یون‌های موجود در آب به مقدار مجاز اعلام شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست می گویند.
طلای سیاه	black gold	۱۱۷	عنوانی است که به نفت خام نسبت می‌دهند و ارزش اقتصادی آن را یادآور می‌شود.
طلای کثیف	dirty gold	۱۰۲	عنوانی است که به زباله نسبت می‌دهند و ارزش اقتصادی آن را یادآور می‌شود.
عدد اوکتان	octane number	۱۲۹	مقیاسی برای سنجش کیفیت سوختن یا میزان بهسوزی بنزین است.
عدد آووگادرو	avogadro's number	۸۶	به عدد $۶/۰۲۲\times۱۰^{۲۳}$ عدد آووگادرو می گویند.
عنصر	element	۱۳	ماده‌ای که ذره‌های سازنده‌ی آن اتم یا مولکول‌هایی هستند که از یک نوع اتم ساخته شده‌اند.
فراورده	product	۱۴	ماده‌ای که در یک واکنش شیمیایی تشکیل می‌شود و در سمت راست معادله‌ی شیمیایی نوشته می‌شود.
فرمول شیمیایی	chemical formula	۱۴	شیوه‌ای برای نشان دادن نوع عنصرهای سازنده و تعداد اتم‌های یک ترکیب شیمیایی است.
فشار استاندارد	standard pressure	۵۵	به فشار هوا در سطح دریا که برابر ۷۶۰mmHg یا ۱atm است فشار استاندارد می‌گویند.
فشار هوا	air pressure	۵۴	فشاری که مولکول‌های گازهای سازنده‌ی هوا به سطحی با مساحت مشخص وارد می‌کنند.
فشار هوای معمولی	normal air pressure	۵۵	به میانگین فشار هوا در سطح دریا فشار هوای معمولی می گویند.
فلز	metal	۸۸	عنصری با جلای فلزی و خاصیت چکش‌خواری که نقطه‌ی ذوب و جوش بالایی دارد و جریان برق و گرما را از خود عبور می‌دهد.
فلز سنگین	heavy metal	۳۳	فلزی که اتم گرم بالایی دارد.
فلزهای قلیایی	alkali metals	۹۱	فلزهای گروه اول جدول تناوبی عنصرها شامل Li، Na، K، Rb، Cs و Fr.
فوتوسنتز	photosynthesis	۲۴	واکنشی که در آن گیاه از کربن‌دی‌اکسید، آب و نور خورشید در حضور کلروفیل، قند و اکسیژن می‌سازد.

قانون بویل	boyle’s law	۵۶	در دمای ثابت، حجم یک نمونه‌ی معین گاز با فشار آن رابطه‌ی وارونه دارد.
قانون پایستگی جرم	the law of the conservation of mass	۸۵	در یک واکنش شیمیایی جرم نه به‌وجود می‌آید و نه از بین می‌رود.
قانون شارل	charles’ law	۵۷	در فشار ثابت، حجم نمونه‌ی معین گاز با دمای مطلق آن رابطه‌ی مستقیم دارد.
کاتالیزگر	catalyst	۱۲۹	ماده‌ای که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد اما خود در آن مصرف نمی‌شود.
کاتیون	cation	۱۹	به یون‌هایی با بار الکتریکی مثبت می‌گویند.
کاتیون سنگین	heavy cation	۳۳	کاتیونی که اتم سازنده‌ی آن اتم‌گرم بالایی دارد.
کاهش دادن	reduce	۱۰۰	کم کردن میزان مصرف به منظور جلوگیری از ایجاد زباله
کراکینگ	cracking	۱۲۸	فرایندی که در آن مولکول‌های بزرگ‌تر به مولکول‌های کوچک‌تری تبدیل می‌شوند.
کلروفلوئوروکربن	chlorofluorocarbon	۷۱	دسته‌ای از ترکیب‌های شیمیایی که با علامت اختصاری CFC نشان داده می‌شوند و به عنوان پیشران در افشانه‌ها یا گاز سرمازا در یخچال‌ها و کولرهای گازی استفاده می‌شود.
کلویید	colloid	۳۹	نوعی مخلوط است که اندازه‌ی ذره‌های آن 10^{-9} تا 10^{-7} متر است. این ذره‌ها بار الکتریکی دارند و ته‌نشین نمی‌شوند.
گاز ایده‌آل	ideal gas	۵۸	به گازهایی گفته می‌شود که رفتار آن‌ها با توجه به نظریه‌ی جنبش مولکولی گازها قابل پیش‌بینی باشد.
گازهای گلخانه‌ای	greenhouse gases	۶۷	گازهایی مانند کربن دی‌اکسید، بخار آب و متان که از طریق اثر گلخانه‌ای باعث گرم شدن زمین می‌شوند.
گازهای نادر یا نجیب	rare gases یا noble gases	۶۱	به عنصرهای گروه هجدهم (ستون هجدهم از جدول تناوبی عنصرها)جدول تناوبی شامل گازهای He، Ne، Ar، Kr، Xe و Rn می‌گویند.
لایه‌ی اوزون	ozone layer	۷۰	پوششی در اطراف زمین که از گاز اوزون تشکیل شده و زمین را در برابر تابش پرانرژی و خطرناک فرابنفش محافظت می‌کند.
مانومتر	manometer	۵۶	فشارسنجی که فشار گاز درون حباب شیشه‌ای را نشان می‌دهد.
محلول فراسیر شده	supersaturated solution	۲۲	محلولی که مقدار حل شونده در آن بیش‌تر از مقداری است که قابلیت انحلال‌پذیری حل شونده در یک دمای معین مشخص می‌شود.
معادله‌ی شیمیایی	chemical equation	۱۴	نمایش یک واکنش شیمیایی بـه کمک نماد شیمیایی عنصرها کـه در آن واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها و نسبت مولی آن‌ها مشخص می‌شود.

واژه	English	صفحه	تعریف
معادله‌ی موازنه شده	balanced equation	۱۴	معادله‌ای که در آن تعداد اتم های هر عنصر در دو طرف معادله برابر باشد.
منبع تجدید پذیر	renewable resource	۶۰	منابعی که از طریق فرایندهای طبیعی تشکیل یا از نو تولید می‌شوند.
منبع تجدید ناپذیر	nonrenewable resourcs	۸۲	منابعی که تشکیل و جایگزین شدن آن‌ها از طریق فرایندهای طبیعی عملی نیست یا سرعت آن‌ها بسیار کم است.
منحنی انحلال‌پذیری	solubility curve	۲۲	نموداری که بستگی انحلال‌پذیری یک ماده به دما را نشان می دهد.
مول	mole	۸۶	یکای SI مقدار ماده است که با نماد mol نشان داده می‌شود.
مولکول	molecule	۱۳	ساده‌ترین واحد سازنده‌ی یک ماده است که برخی از ویژگی‌های آن را حفظ می کند.
مولکول گرم	gram - molecule	۸۷	به جرم یک مول از مولکول های یک ماده برحسب گرم می گویند.
مه دود فوتوشیمیایی	photochemical smog	۷۶	آلودگی ناشی از تابش نور خورشید بر اکسیدهای نیتروژن که به تولید اوزون در تروپروسفر می‌انجامد.
نافلز	nonmetal	۸۸	عنصری که خواص فلزها را ندارد.
نرم کردن	softening	۳۶	به فرایند زدودن یون‌های Ca^{2+} ، Mg^{2+} و Fe^{2+} از آب سخت گفته می‌شود.
نظریه‌ی جنبش مولکولی گازها	kinetic molecular theory of gases	۵۹	نظریه‌ای است که رفتار گازها را با توجه به رفتار ذره‌های سازنده‌ی آن شرح می‌دهد.
نفت خام	petroleum	۱۱۷	مایعی قهوه‌ای مایل به سیاه که مخلوطی طبیعی از صدها هیدروکربن و ترکیب‌های آلی دیگر است.
نماد شیمیایی	chemical symbol	۱۳	نمادی یک یا دو حرفی که برای نمایش عنصرها به کار می‌رود.
نوترون	neutron	۱۵	ذره‌ای خنثی که در هسته اتم جا دارد.
واکنش‌پذیری شیمیایی	chemical reactivity	۹۲	به تمایل برای انجام واکنش شیمیایی می گویند.
واکنش دهنده	reactant	۱۴	ماده‌ی شرکت کننده در واکنش را که در سمت چپ معادله‌ی شیمیایی می‌نویسند.
واکنش شیمیایی	chemical reaction	۱۴	تأثیر دو یا چند ماده بر یک‌دیگر که به یک تغییر شیمیایی بینجامد.
هم‌پار	isomer	۱۲۵	مولکول‌هایی که فرمول مولکولی یکسان دارند، اما آرایش اتم‌ها در آن‌ها متفاوت است و فرمول ساختاری متفاوتی دارند.
هیدروکربن	hydrocarbon	۱۱۸	ترکیب‌هایی که از دو عنصر کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند.
هیدروکربن (سیر شده)	saturated hydrocarbon	۱۲۴	هیدروکربنی که در آن اتم کربن با چهار پیوند کووالانسی به چهار اتم دیگر متصل شده است.
هیدروکربن (سیرنشده)	unsaturated hydrocarbon	۱۳۲	هیدروکربنی که در آن بین اتم‌های کربن به جای یک پیوند دو یا سه پیوند کووالانسی وجود دارد.

اکنون زمان آن رسیده است که برداشت خود را از شیمی به طور خلاصه بیان کنید و تأثیر آموخته‌های خود را بر زندگی شرح دهید.

